P. DIACONU, GH. BURLOI

BIOLOGIE GENERALĂ GENETICĂ ȘI AMELIORARE

Scanned with OKEN Scanner

MINISTERUL EDUCAȚIEI ȘI ÎNVĂȚĂMÎNTULUI

Conf. dr. **PETRE DIACONU**
Institutul de învățămînt superior
Pitești

Dr. ing. **GHEORGHE BURLOI**
Institutul agronomic „Nicolae Bălcescu"
București

BIOLOGIE GENERALĂ GENETICĂ ȘI AMELIORARE

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ, BUCUREȘTI

Scanned with OKEN Scanner

PREFAȚA

Rezultatele obținute în explicarea științifică a originii, organizării și evoluției materiei vii, a mecanismelor genetice privind transmiterea însușirilor de la părinți la urmași, precum și succesele înregistrate în crearea de noi soiuri de plante și rase de animale au făcut ca biologia generală, genetica și ameliorarea să se impună, în ultimele decenii, ca științe biologice de mare actualitate.

Originea vieții, natura eredității sau a variabilității, și, în egală măsură, posibilitatea omului de a interveni în aceste fenomene interesează în prezent nu numai specialistul sau studentul de la facultățile cu profil biologic, pedagogic și agronomic, ci și chimiștii, fizicienii, matematicienii, filozofii și pe oricare intelectual care urmărește dezvoltarea atît de rapidă a științelor biologice.

Din multele și diversele probleme care fac obiectul celor trei științe biologice, în manualul de față ne-am străduit să tratăm pe cele mai frecvente, dintre care multe au frămîntat mințile omenești încă din antichitate.

Originea, organizarea și evoluția materiei vii sînt privite de pe poziția concepției sistemice, oferind posibilitatea de a cunoaște particularitățile structurii, funcției și relațiilor ce se stabilesc între sistemele biologice.

Însușirea în mod unitar a principiilor de bază de care se ocupă biologia generală, genetica și ameliorarea asigură formarea unei concepții materialist-dialectice asupra fenomenelor biologice și diversității speciilor de plante și animale.

După o expunere succintă a dezvoltării cunoștințelor de biologie generală, genetică și ameliorare se trece la evoluționism, originea, organizarea și evoluția materiei vii apoi la problemele de bază ale geneticii și ameliorării. Capitolele de ameliorare reflectă posibilitățile de aplicare în practică a principiilor de biologie generală și genetică.

Evoluția omului și genetica umană, față de care se înregistrează un interes crescînd, sînt expuse în

Scanned with OKEN Scanner

capitole separate, primul — legat de cunoștințele de biologie generală, iar al doilea — de cele de genetică.

În ordinea de prezentare am încercat să respectăm corespondența dintre realizările științifice și treptele de dezvoltare istorică și socială, subliniind legătura lor permanentă cu practica.

Capitolele de biologie generală și genetică au fost redactate de conf. univ. dr. P. Diaconu (75%), iar cele de ameliorare de către dr. ing. Gh. Burloi (25%).

AUTORII

Scanned with OKEN Scanner

CUPRINS

Partea întîi

BIOLOGIE GENERALĂ

Prefață 3

Cuprins 5

Capitolul 1 — INTRODUCERE 9

Capitolul 2 — PRIVIRE ASUPRA DEZVOLTĂRII BIOLOGIEI, GENETICII ȘI AMELIORĂRII 11
2.1. Începuturile dezvoltării biologiei 11
2.2 Dezvoltarea științelor biologice în secolele XV—XIX, premisă a apariției ideii de evoluție 16
2.3. Apariția și consolidarea ideii de evoluție 25

Capitolul 3 — DEZVOLTAREA BIOLOGIEI, GENETICII ȘI AMELIORĂRII ÎN ROMÂNIA 31

Capitolul 4 — DARWINISMUL 39
4.1. Premisele apariției operei *Originea speciilor* oglindite în realizările agriculturii 39
4.2. Charles Darwin, viața și activitatea sa 40
4.3. Esența concepției evoluționiste a lui Ch. Darwin 42
4.4. Formarea speciilor în concepția lui Ch. Darwin 50
4.5. Succesele darwinismului. Aprecierea critică a operei lui Ch. Darwin 51

Capitolul 5 — TEORII DESPRE EVOLUȚIE ÎN PERIOADA POSTDARWINISTĂ 54
5.1. Neolamarckismul și neodarwinismul 54
5.2. Teoria sintetică a evoluției 59

Capitolul 6 — MATERIA VIE 61
6.1. Compoziția chimică, însușirile fizice și particularitățile materiei vii 62
6.2. Organizarea materiei vii 69
6.3. Însușirile sistemelor biologice 71
6.4. Ierarhia sistemelor biologice și nivelele de organizare a materiei vii 75

Capitolul 7 — ORIGINEA VIEȚII PE PĂMÎNT 79
7.1. Teorii despre originea vieții 79
7.2. Teoria Oparin—Haldane 82
7.3. Formele inferioare ale vieții 88
7.4. Viața pe alte planete 89

Capitolul 8 — EVOLUȚIA SPECIILOR ȘI MECANISMELE EI 90
8.1. Specia, definiții, caracteristici și criterii 90
8.2. Mecanismele biologice ale evoluției 93
8.3. Modalitățile speciației 96
8.4. Formele evoluției 101
8.5. Dovezi privind evoluția speciilor 102

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 9 — ADAPTAREA 109
Capitolul 10 — ORIGINEA ŞI EVOLUŢIA OMULUI 113
10.1. Locul omului în natură 113
10.2. Etape în evoluţia omului 117
10.3. Dovezile originii animale a omului 122
10.4. Rasele umane 124
10.5. Supoziţii privind viitorul omului 126

Partea a doua

GENETICA

Capitolul 11 — OBIECTUL, LEGĂTURA CU PRACTICA ŞI METODELE DE CERCETARE ALE GENETICII 128
Capitolul 12 — BAZELE CITOLOGICE ALE EREDITĂŢII 130
12.1. Structura celulei 130
12.2. Rolul nucleului în ereditate. Cromozomii 133
12.3. Diviziunea celulară 137
Capitolul 13 — MENDELISMUL — TEORIA FACTORILOR EREDITARI . . 145
13.1. Monohibridarea 146
13.2. Dihibridarea 150
13.3. Trihibridarea 153
Capitolul 14 — TEORIA CROMOZOMICĂ A EREDITĂŢII — MORGANISMUL 156
14.1. Teoria cromozomică a eredităţii 156
14.2. Transmiterea înlănţuită a genelor (linkage) 159
14.3. Schimbul de gene între cromozomii omologi (crossing-over) . 161
14.4. Distribuirea liniară a genelor — hărţile cromozomale . . . 169
14.5. Restructurări cromozomale 172
Capitolul 15 — EREDITATEA SEXULUI ŞI A CARACTERELOR DETERMINATE DE GENE LOCALIZATE ÎN CROMOZOMII SEXULUI 174
15.1. Ereditatea sexului 174
15.2. Determinarea sexului 177
15.3. Ereditatea caracterelor legate de sex (sex-linkage) 182
Capitolul 16 — ALELISMUL MULTIPLU ŞI INTERACŢIUNEA GENELOR . 189
16.1. Alelismul multiplu 189
16.2. Excepţii mendeliene condiţionate de interacţiunea genelor . 192
Capitolul 17 — EREDITATEA CITOPLASMATICĂ 200
17.1. Sistemul ereditar citoplasmatic 200
17.2. Androsterilitatea citoplasmatică 205
17.3. Interacţiunea dintre nucleu şi citoplasmă 208
Capitolul 18 — BAZELE BIOCHIMICE ŞI MOLECULARE ALE EREDITĂŢII 213
18.1. Natura chimică, structura macromoleculară şi rolul acizilor nucleici în ereditate 213
18.2. Acizii ribonucleici 221
18.3. Însuşirile acizilor nucleici 223
18.4. Codul genetic şi sinteza proteinelor 227
18.5. Noţiunea de genă şi evoluţia sa 233

Scanned with OKEN Scanner

Capitolul 19 — PROCESUL MUTAGEN — MUTAȚII SPONTANE ȘI INDUSE 234
19.1. Mutageneza naturală 236
19.2. Mutageneza artificială 237
19.3. Efectul mutagen al radiațiilor 238
19.4. Mecanismul molecular al mutațiilor radioinduse 244
19.5. Factorii mutageni de natură chimică 247
19.6. Importanța utilizării în practică a factorilor mutageni . . . 249

Capitolul 20 — MUTAȚIILE GENOMULUI 251
20.1. Mecanismul mutațiilor de genom 251
20.2. Serii poliploide 254
20.3. Clasificarea mutațiilor de genom 255
20.4. Inducerea artificială a poliploizilor la plante 263
20.5. Meioza formelor poliploidizate 266
20.6. Poliploidia în natură 268
20.7. Poliploidia la animale 269

Capitolul 21 — GENETICA POPULAȚIILOR 269
21.1. Structura genetică a populației 269
21.2. Echilibrul genetic în populațiile autogame 271
21.3. Structura și echilibrul populațiilor alogame (panmictice) . . 272
21.4. Legea Hardy—Weinberg 274
21.5. Factorii care modifică frecvența genelor în populații 276

Capitolul 22 — PRINCIPII DE GENETICĂ UMANĂ 278
22.1. Dezvoltarea cunoștințelor despre ereditatea omului 278
22.2. Ereditatea caracterelor normale, grupele sanguine 280
22.3. Maladii ereditare 283
22.4. Ereditatea omului și mediul înconjurător 290

Partea a treia

AMELIORAREA

Capitolul 23 — GENERALITĂȚI PRIVIND AMELIORAREA PLANTELOR ȘI ANIMALELOR 293
23.1. Definiția, obiectivele și importanța ameliorării 293
23.2. Material inițial, soi, linie pură și hibrid 295

Capitolul 24 — METODELE DE BAZĂ FOLOSITE ÎN AMELIORAREA PLANTELOR 296
24.1. Selecția 296
24.2. Hibridarea 303
24.3. Consangvinizarea 307
24.4. Heterozisul 309
24.5. Tehnica obținerii hibrizilor de porumb 311
24.6. Mutațiile și poliploidia 314
24.7. Hibridarea îndepărtată 319

Capitolul 25 — ORGANIZAREA ȘI TEHNICA PROCESULUI DE AMELIORARE A PLANTELOR 326
25.1. Alegerea terenului și organizarea asolamentului de ameliorare 326
25.2. Etapele (verigile) procesului de ameliorare 328

Scanned with OKEN Scanner

25.3. Examinarea materialului în curs de ameliorare 334
25.4. Producerea de sămînță 335

Capitolul 26 — BAZELE GENETICE ALE AMELIORĂRII ANIMALELOR . 337

26.1. Principiile ameliorării animalelor 337
26.2. Încrucișările în zootehnie 338

Bibliografie 341

Index 344

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA ÎNTÎI

BIOLOGIE GENERALĂ

CAPITOLUL 1

INTRODUCERE

Definiţia şi obiectul biologiei generale. Denumirile de biologie şi biologie generală adesea se confundă sub o înţelegere comună ca ştiinţe despre viaţă. Aceasta deoarece noţiunea de biologie generală a apărut mult mai tîrziu, în comparaţie cu cea de biologie, ca o *ştiinţă de sinteză* a realizărilor furnizate de diferite ramuri ale biologiei, cum sînt: zoologia, botanica, fiziologia, anatomia, genetica, biochimia şi altele. Biologia generală, ca disciplină de sine stătătoare, a fost generată de apariţia darwinismului, fiind definită ca *ştiinţă ce se ocupă cu studiul legilor generale ale evoluţiei vieţuitoarelor, sau cu studiul originii, organizării şi evoluţiei materiei vii.*

Conţinutul biologiei generale este, astfel, bine conturat şi delimitat de celelalte ştiinţe biologice. Ea nu se ocupă de morfologie, fiziologie sau embriologie, deşi pentru formularea concluziilor generale se foloseşte de datele disciplinelor biologice.

Problemele de care se ocupă biologia generală au frămîntat minţile unor oameni de seamă din cele mai străvechi timpuri, acestea fiind: originea şi evoluţia vieţii, formarea organelor atît de perfect coordonate într-un corp, adaptarea, perfecţionarea unor organisme şi dispariţia altora, diversitatea milioanelor de specii existente sau dispărute, şi altele.

Biologia generală în sistemul ştiinţelor biologice. Biologia generală, studiind mişcarea materiei vii, realizează o legătură permanentă între ştiinţele biologice.

Încă din cele mai vechi timpuri omul, trăind în mijlocul naturii, a căutat să cunoască fenomenele care îl înconjurau, a început să se folosească de o serie de animale ca hrană, iar de altele să se apere, să cunoască plantele ce puteau fi folosite ca alimente sau ca remedii împotriva unor maladii, să evite pe cele otrăvitoare etc. Omul începe astfel să deosebească plantele şi animalele după formă, ceea ce a dus mai tîrziu la desprinderea din biologie a zoologiei şi botanicii ca ştiinţe de sine stătătoare.

Cu timpul omul reuşeşte să înţeleagă şi să sesizeze deosebirile de structură şi funcţie, ceea ce a favorizat apariţia *morfologiei* şi apoi a *fiziologiei,* ca ştiinţă despre funcţia organismelor.

Strîns legat de progresul tehnicii de cercetare, din morfologie şi fiziologie, ramuri de bază ale biologiei, s-au desprins noi discipline, ca: *anatomia, anatomia comparată, embriologia, paleontologia, embriologia comparată, histologia, citologia, citofiziologia, citochimia* şi altele.

Datele ştiinţifice furnizate de ştiinţele biologice au creat posibilitatea fundamentării *evoluţiei organismelor.* Paralel cu încercările de a se explica ştiinţific evoluţia se dezvoltă cu succes *sistematica* apoi *biogeografia,* care studiază repartiţia geografică a vieţuitoarelor în trecut

Scanned with OKEN Scanner

și prezent, *ecologia* care studiază relațiile dintre organisme și mediul înconjurător, subliniind importanța acestor relații pentru evoluția animalelor și plantelor. Se dezvoltă, de asemenea, *biochimia, biofizica* și altele.

Pe baza concluziilor științifice la care au ajuns științele biologice și pe baza realizărilor practice obținute în creșterea animalelor și cultivarea plantelor, în secolul al XIX-lea a apărut prima teorie științifică a evoluției speciilor, denumită *darwinism* sau *evoluționism.* Explicarea științifică a evoluției speciilor a fost ridicată la un nivel superior de apariția *geneticii,* ca știință despre ereditate, la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului XX.

Biologia generală devine știința de sinteză a tuturor ramurilor care se ocupă de studiul materiei vii. Termenul de biologie datează din anul 1802, cînd a fost enunțat de către Treviranus și Lamarck, independent unul de altul.

Metodele de cercetare în biologie. Prin metodă de cercetare se înțelege modul în care se abordează problemele în scopul unei explicări cît mai corecte a fenomenelor și proceselor cercetate. În biologia generală se cunosc trei metode de bază: *analitică, istorică* și *sistemică.*

Metoda analitică este prima metodă științifică folosită în științele naturii și constă în analiza fenomenelor, a structurilor și proceselor biologice. Prin metoda analitică se descrie componența întregului, structura, funcționarea lui, dezvoltarea în ontogeneză și altele.

Metoda analitică se folosește îndeaproape de *observație* și *experiment.* Prin observație se acumulează numeroase fapte concrete, care facilitează explicarea naturii fenomenelor. Ch. Darwin folosind observația a reușit să ajungă la concluzia evoluției lumii vii.

Cunoașterea fenomenelor specifice vieții și evoluției nu a putut fi realizată prin simple observații. A apărut experimentul, care este inseparabil de observație. Realizările deosebit de importante ale biologiei generale și în special ale geneticii se bazează pe experiențe, în care s-au folosit cu precădere progresele tehnicii moderne, ca analize biochimice, microscopie electronică și altele.

Metoda istorică a fost aplicată pe scară largă de către Ch. Darwin în fundamentarea trecutului istoric al viețuitoarelor. Metoda istorică privește structura și funcția organismelor ca rezultat al unui lung proces de dezvoltare istorică. Metoda analitică, de exemplu, stabilește unitatea de structură a organelor omologe, dezvoltarea lor în ontogeneză, conexiunile anatomice și altele, fără a putea da indicații asupra provenienței lor. În completare, metoda istorică stabilește că organele omoloage au proveniență embrionară comună, descinzînd din același strămoș. Metoda analitică și cea istorică trebuiesc aplicate concomitent, ele completîndu-se reciproc.

Metoda sistemică. Aprofundarea cunoștințelor despre evoluția viețuitoarelor, pe baza *teoriei sintetice a evoluției* (teorie care sintetizează rezultatele principalelor domenii biologice și în special ale geneticii), a dus la necesitatea abordării evoluției dintr-un nou punct de vedere, cel *al organizării materiei vii.*

Metoda sistemică pornește de la ideea esențială că întreaga materie, atît cea lipsită de viață cît și cea vie, este organizată în sisteme ierar-

Scanned with OKEN Scanner

hizate, adică orice sistem este alcătuit din subsisteme şi, la rîndul său, este o parte componentă, un subsistem, al unui sistem mai complex. Metoda sistemică are drept scop studiul relaţiilor de interacţiune dintre părţile sistemului care condiţionează apariţia de proprietăţi noi ale întregului, neobservate la părţile componente.

Metoda sistemică, fără a nega metodele anterioare, urmăreşte stabilirea legilor de organizare comune tuturor sistemelor biologice şi specifice fiecărui nivel de organizare a materiei vii.

În ultimul timp, biologia generală foloseşte şi alte metode de cercetare specifice altor discipline, cum este *metoda matematică, metoda modelării* şi altele.

Importanţa teoretică şi practică a cursului. Cursul de biologie generală are o mare importanţă pentru formarea unei concepţii ştiinţifice, materialist-dialectice, asupra originii, structurii, organizării şi evoluţiei materiei vii.

În capitolele de biologie generală ale acestui manual se tratează probleme fundamentale ale biologiei, cînd şi cum a apărut viaţa pe pămînt, cum au evoluat vieţuitoarele de la formele inferioare ale vieţii pînă la om şi altele.

Pe baza cunoştinţelor acumulate de la celelalte discipline biologice, sistematizate prin prisma biologiei generale, cititorul, fie student sau profesor de biologie sau agricultură din liceu sau şcoala generală, va putea contribui la educarea ateist-ştiinţifică a tineretului. De asemenea, manualul tratînd evoluţia vieţuitoarelor de pe poziţia organizării sistemice, subliniază structura biocenozelor, funcţiile, relaţiile şi echilibrul care se creează între speciile biocenozei şi care în mod normal se găsesc în echilibru dinamic ce poate fi deranjat de o eventuală intervenţie nejudicioasă a omului. Biologia generală elaborează fundamentarea ştiinţifică a relaţiilor dintre speciile biocenozelor ca sisteme biologice, punînd bazele principiilor privind ocrotirea naturii. Aceste principii trebuie cunoscute de întreaga omenire, o atenţie deosebită urmînd a se acorda educaţiei tuturor elevilor indiferent de profilul liceului sau al şcolii.

CAPITOLUL 2

PRIVIRE ASUPRA DEZVOLTĂRII BIOLOGIEI, GENETICII ŞI AMELIORĂRII

2.1. Începuturile dezvoltării biologiei

Apariţia şi dezvoltarea cunoştinţelor de biologie sînt strîns legate de activitatea umană. Cioplirile şi gravurile în piatră, rămase de aproximativ 13 mii de ani î.e.n., arată că omul a început să fie preocupat de creşterea animalelor şi cultura plantelor încă în epoca neoliticului. Omul primitiv cunoştea sezonul zborurilor la păsările călătoare, timpul migrării

Scanned with OKEN Scanner

peştilor marini în apele rîurilor, speciile care constituiau obiectul vînătorii, mierea de albine ca aliment preţios şi altele. Domesticirea cîinelui, înainte de mileniul V î.e.n. i-a sugerat omului ideea domesticirii celorlalte animale. În domesticirea animalelor un rol de seamă l-au avut popoarele Mesopotamiei, Egiptului şi în special sumerienii. În mileniul VI şi V î.e.n. au fost introduse în cultură primele plante — grîul şi orzul, apoi treptat celelalte.

Sumerienii au încrucişat calul cu măgarul, obţinînd primul hibrid interspecific — catîrul. Tot ei au creat primele rase de animale şi au descoperit polenizarea artificială la palmier, care a însemnat un pas spre variabilitate prin hibridare.

Kicculi pe de Eufrat a întocmit primul tratat despre creşterea cailor în secolul al XIV-lea î.e.n. Sumerienii fac şi primele încercări de clasificare a animalelor împărţindu-le în peşti (vieţuitoarele apei în general) articulata, şerpi, păsări şi patrupede, iar plantele în arbori, legume aromate şi plante medicinale.

Egipteanul Ebers a întocmit în secolul al XVI-lea î.e.n. un papirus cu primele cunoştinţe şi cu terminologie diferenţiată de anatomie, inima fiind considerată cel mai important organ.

Primii filozofi naturalişti au apărut în China în jurul secolului al X-lea î.e.n.; ei dezvoltau ideea că totul este alcătuit din particule materiale, din interacţiunea cărora apar 5 elemente primare: apa, lemnul, focul, pămîntul şi metalul care erau raportate la cele cinci organe principale: inima, plămînii, ficatul, splina şi rinichii.

În secolele XV—XI î.e.n. în China existau şi cunoştinţe de medicină, practicîndu-se vaccinul antivariolic.

Cunoştinţele despre natură şi de medicină din această perioadă, deşi destul de importante, erau sporadice, izolate.

În antichitate, învăţaţii sînt preocupaţi în mod deosebit de explicarea apariţiei vieţii pe pămînt. Opus ideii creaţioniste, unii din marii filozofi ai antichităţii considerau viaţa ca rezultat al dezvoltării materiei fără intervenţia forţelor supranaturale. Filozofii greci şi-au îndreptat atenţia asupra fenomenelor naturii, reuşind să sesizeze în mod genial o serie din trăsăturile esenţiale.

Anaximandros (610—546 î.e.n.), un reprezentant al şcolii din Milet, explică apariţia organismelor prin acţiunea razelor solare asupra nămolului. Primele organisme ar fi fost acoperite cu ţepi şi solzi fiind asemănătoare peştilor. Trecînd din apă pe pămînt ele s-au adaptat noilor condiţii de viaţă. Din astfel de animale asemănătoare peştilor, după Anaximandros, a apărut şi omul.

Heraclit din Efes (540—480), apreciat ca unul dintre marii filozofi ai antichităţii, considera lumea materială şi în continuă mişcare, un şuvoi de fenomene schimbătoare la infinit, o veşnică apariţie şi dispariţie, formare şi distrugere.

Empedocles (483—423) a încercat să explice apariţia vieţii pe pămînt şi dezvoltarea ei ulterioară prin contopirea a patru elemente denumite de el rădăcinile tuturor lucrurilor: pămîntul, apa, aerul şi focul. Viaţa, susţinea el, a apărut din nămol în mai multe etape, dînd fiinţe ciudate, dintre care au supravieţuit cele mai armonioase. Deşi naivă, ex-

Scanned with OKEN Scanner

plicația este importantă prin aceea că elimină intervenția forțelor supranaturale.

Anaxagora (500—428 î.e.n.) consideră lumea ca fiind compusă din numeroase particule diferite, foarte mici, care rămîn pentru totdeauna neschimbate. Vieţuitoarele apar dependent de modul în care se combină particulele primare care au fost denumite „spermata" adică „semințele lucrurilor". El a formulat astfel primele idei *preformiste,* considerînd că în semințe și în ou, organele viitorului organism se găsesc în miniatură, în dezvoltarea organismului revenindu-le doar rolul de a crește.

Democrit (460—370 î.e.n), unul din cei mai mari gînditori ai antichității, considera că tot ce este în natură se compune din atomi, particule extrem de mici, insesizabile de organele noastre de simțuri, indivizibile și în permanentă mișcare. El este precursorul teoriei pangenezei, enunțată de către Darwin cu peste 2 000 de ani mai tîrziu, considerînd că sămînța feminină și masculină se formează din mici particule care migrează din tot organismul în organele de reproducere. Democrit este primul care face împărțirea în animale fără sînge (actualele nevertebrate) și animale cu sînge (vertebratele).

În domeniul medicinii, Grecia antică a moștenit cunoștințe bogate din India, Babilon, China și Egipt. În timpul lui Democrit în Egipt existau medici specialiști în boli de cap, ochi, interne sau, cum spuneau anticii, boli invizibile etc. Printre raritățile de muzeu ale Egiptului antic există farmacia personală a unei regine egiptene cu o vechime de 2 000 de ani înainte de era noastră. Unele documente dovedesc că încă cu 3 400 de ani î.e.n. medicina empirică, din multe puncte de vedere se afla pe o treaptă destul de evoluată.

Hipocrate (460—377) a fost denumit și „părintele medicinii", fiind cel mai mare medic al antichității. În timpul lui, studiile anatomice și fiziologice se făceau pe animale și apoi se aplicau la om prin analogie.

El considera organismul omului ca fiind compus din părți solide și lichide (umorile), iar sănătatea dependentă de echilibrul în care se găsesc cele patru umori ale corpului (sîngele — elaborat de inimă, mucusul — elaborat de creier, fierea galbenă — elaborată de ficat și fierea neagră — elaborată de splină). Studiind comparativ dezvoltarea embrionilor la om și la puiul de găină, el remarcă numeroase asemănări și subliniază ideea unității lumii vii.

Împotriva liniei materialiste a lui Democrit se ridică filozofia idealistă a lui Socrate și a elevului său Platon (427—347) care au pus bazele ideologiei idealiste despre natură. Ei susțineau că lumea reală este oglindirea lumii veșnice și imuabile a ideilor.

Aristotel (384—322 î.e.n.) (fig. 1), apreciat de Fr. Engels ca „cea mai universală minte dintre vechii filozofi eleni", a emis teoria cosmogonică, presupunînd că pămîntul ar fi centrul universului, iar celelalte corpuri cerești se învîrt în jurul lui. El a fost primul cercetător de embriologie, anatomie și zoologie. De la el au rămas trei lucrări importante, ca: *„De partibus animalium"*. (Părțile animalelor), *„De generatione animalium"* (Geneza animalelor) și *„Historia animalium"* (Istoria animalelor). În aceste lucrări, Aristotel prezintă prima clasificare a ani-

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 1. Aristotel.

malelor, care nu a putut fi depășită pînă în secolul al XVIII-lea. Clasificarea lui este ca o scară de la simplu la compus, în partea superioară fiind prezentate mamiferele cu păr, iar între ele și omul.

Ca embriolog, Aristotel neagă ideea preformistă enunțată de Anaxagora, conform căreia toate organele sînt reprezentate în embrion în miniatură. El susține că organele se diferențiază treptat dintr-o materie formată prin fecundație, care la început este omogenă. Arătînd că găina și omul au asemănări în ceea ce privește recapitularea caracterelor în ontogenie, el schițează primul ideea *epigenezei*. Încercînd să răspundă la întrebarea, cum a apărut viața pe pămînt, Aristotel admitea generația spontană.

Din operele lui Aristotel reiese caracterul pronunțat de separare a științelor naturii de filozofie și chiar al diverselor ramuri biologice. El a pus bazele separării zoologiei și embriologiei, iar mai tîrziu se va separa și botanica.

Theofrastos (370—283 î.e.n.) a fost elevul lui Aristotel, fiind considerat „părintele botanicii". În tratatele sale de botanică *Istoria plantelor* și *Cauzele plantelor* întîlnim concluzii importante, cum ar fi: „planta se hrănește nu numai cu ajutorul rădăcinilor, ci și al frunzelor". „Sub influența condițiilor de cultură plantele se modifică". Mai mult decît atît, el susține că schimbarea locului în care crește planta duce la modificarea ei, că arborii sălbateci sub influența îngrijirii devin cultivați, iar cei cultivați se sălbăticesc, dacă nu sînt îngrijiți. Prin aceasta Theofrastos sugerează ideea originii plantelor de cultură. El dă și o serie de indicații asupra culturii plantelor și în special a viței de vie. El consideră că gustul și aroma fructelor, în general, depind de priceperea cultivatorului.

În mod deosebit l-a preocupat sistematica plantelor, reușind să descrie peste 500 de specii. După habitus, el împărțea plantele în arbori, arbuști, semiarbuști și ierburi.

În timpul imperiului roman, centrul culturii antice a devenit Roma. O serie de gînditori, ca: Lucretius Carus, Horatius, Plinius cel Bătrîn, Plinius Secundus și alții examinează și diferitele aspecte ale lumii vii.

Lucretius Carus (99—55) explică apariția vieții pe pămînt prin generația spontană, admițînd că și în zilele noastre viețuitoarele apar spontan. La el se întîlnește afirmația, confirmată mai tîrziu, că pe pămînt au apărut fel de fel de viețuitoare, dar au supraviețuit cele cu structuri armonioase. Considera că transmiterea caracterelor de la părinți

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 1. Aristotel.

malelor, care nu a putut fi depășită pînă în secolul al XVIII-lea. Clasificarea lui este ca o scară de la simplu la compus, în partea superioară fiind prezentate mamiferele cu păr, iar între ele și omul.

Ca embriolog, Aristotel neagă ideea preformistă enunțată de Anaxagora, conform căreia toate organele sînt reprezentate în embrion în miniatură. El susține că organele se diferențiază treptat dintr-o materie formată prin fecundație, care la început este omogenă. Arătînd că găina și omul au asemănări în ceea ce privește recapitularea caracterelor în ontogenie, el schițează primul ideea *epigenezei*. Încercînd să răspundă la întrebarea, cum a apărut viața pe pămînt, Aristotel admitea generația spontană.

Din operele lui Aristotel reiese caracterul pronunțat de separare a științelor naturii de filozofie și chiar al diverselor ramuri biologice. El a pus bazele separării zoologiei și embriologiei, iar mai tîrziu se va separa și botanica.

Theofrastos (370—283 î.e.n.) a fost elevul lui Aristotel, fiind considerat „părintele botanicii". În tratatele sale de botanică *Istoria plantelor* și *Cauzele plantelor* întîlnim concluzii importante, cum ar fi: „planta se hrănește nu numai cu ajutorul rădăcinilor, ci și al frunzelor". „Sub influența condițiilor de cultură plantele se modifică". Mai mult decît atît, el susține că schimbarea locului în care crește planta duce la modificarea ei, că arborii sălbateci sub influența îngrijirii devin cultivați, iar cei cultivați se sălbăticesc, dacă nu sînt îngrijiți. Prin aceasta Theofrastos sugerează ideea originii plantelor de cultură. El dă și o serie de indicații asupra culturii plantelor și în special a viței de vie. El considera că gustul și aroma fructelor, în general, depind de priceperea cultivatorului.

În mod deosebit l-a preocupat sistematica plantelor, reușind să descrie peste 500 de specii. După habitus, el împărțea plantele în arbori, arbuști, semiarbuști și ierburi.

În timpul imperiului roman, centrul culturii antice a devenit Roma. O serie de gînditori, ca: Lucretius Carus, Horatius, Plinius cel Bătrîn, Plinius Secundus și alții examinează și diferitele aspecte ale lumii vii.

Lucretius Carus (99—55) explică apariția vieții pe pămînt prin generația spontană, admițînd că și în zilele noastre viețuitoarele apar spontan. La el se întîlnește afirmația, confirmată mai tîrziu, că pe pămînt au apărut fel de fel de viețuitoare, dar au supraviețuit cele cu structuri armonioase. Considera că transmiterea caracterelor de la părinți

Scanned with OKEN Scanner

la urmaşi se realizează prin intermediul unor particule materiale aflate în corpul părinţilor. Cazurile cînd urmaşii sînt asemănători cu unii din strămoşi Lucretius le explica prin aceea că părinţii poartă uneori particule ascunse ce se manifestă numai la urmaşi. Această idee şi-a găsit explicarea de-abia în secolul al XIX-lea şi al XX-lea, cînd a fost formulată şi demonstrată teoria genelor dominante şi recesive.

Plinius cel Bătrîn (23—79) a scris vestita enciclopedie *„Historia naturalis"* în care au fost sintetizate 2 000 de opere ale filozofilor greci şi romani.

În domeniul medicinii, anatomiei şi fiziologiei, lucrările medicului Claudius Galen (sec. I) au constituit principala sursă de informare şi instruire a medicilor din Evul Mediu.

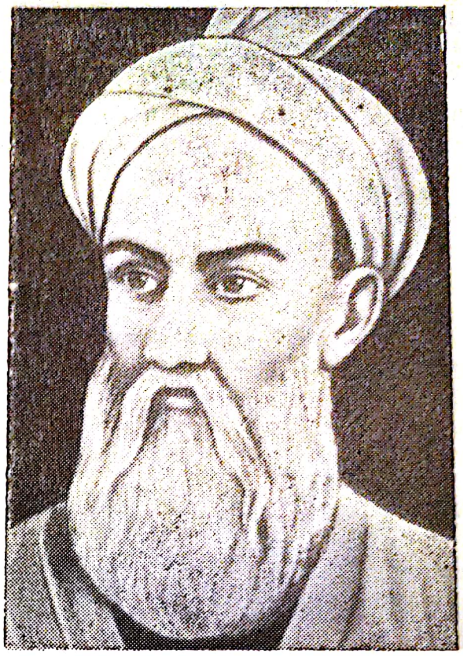


Fig. 2. Avicena — Ibn Sina.

În Evul mediu, în cursul *epocii feudale propriu-zise,* ştiinţele naturii cunosc o dezvoltare redusă, datorită influenţei negative exercitate de curentul creaţionist şi de scolastică. Mulţi gînditori au fost supuşi unor grele persecuţii de către inchiziţie, care a frînat cercetarea ştiinţifică şi învăţămîntul în Europa.

Din această perioadă pot fi menţionate puţine nume de învăţaţi care s-au ocupat de problemele biologiei.

Thomas de Cantimpré (1186—1263) a scris lucrarea *„De naturis rerum",* în care tratează probleme de zoologie şi botanică.

Albert de Bollstädt (1193—1280) denumit şi Albert cel Mare a publicat două lucrări *„De vegetalibus"* şi *„De animalibus".*

În ţările arabe, spre deosebire de Europa, dezvoltarea ştiinţelor cunoaşte un avînt deosebit. Se cunosc operele ştiinţifice şi filozofice ale lui Avicena — Ibn Sina (980—1073) (fig. 2) care susţine că materia este inseparabilă de mişcare şi Averroes (Ibn-Ruşd) 1126—1198), care consideră că lumea actuală este rezultatul dezvoltării materiei.

Epoca Renaşterii (sec. XV—XVI) a constituit una din cele mai remarcabile perioade din istoria ştiinţelor în general, biologia cunoscînd şi ea o dezvoltare accentuată, fiind favorizată pe de o parte de marile descoperiri din alte domenii (descoperirea microscopului în secolul al XVII-lea de către Robert Hooke, 1635—1703, şi Antony von Leeuwenhoek, 1632—1723, a barometrului, a lunetei de către Galileo Galilei, 1564—1642, a termometrului), de marile descoperiri geografice (Vasco de Gama, 1469—1524, ajunge în India pe cale maritimă, Cristofor Columb, 1451—1506, descoperă America, Fernando Magellan, 1480—1521, face ocolul pămîntului, mari-

Scanned with OKEN Scanner

narii olandezi descoperă Australia), de noile cerințe în alimente și îmbrăcăminte etc.

Progresul înregistrat în diferitele ramuri ale biologiei, precum și în celelalte științe ale naturii a condiționat explicația științifică de mai tîrziu a originii materiei vii și evoluției viețuitoarelor.

2.2. Dezvoltarea științelor biologice în secolele XV—XIX, premisă a apariției ideii de evoluție

Dezvoltarea cunoștințelor de botanică. Perioada secolelor XV—XVIII este cunoscută ca „perioadă de inventariere" a plantelor. Cunoștințele despre plante din secolul XV se limitau la lucrările rămase de la antici, lipsea un sistem eficace de clasificare.

Botaniștii încearcă să stabilească principiile sistematicii, dintre care amintim pe: Andrea Cesalpino (1519—1603), care a formulat ideea clasificării plantelor după caracterele importante pentru om și a descris peste 1 500 de plante, Ioachim Jung (1587—1657), care a introdus nomenclatura inflorescențelor: *spico, corymbus, panicula, umbella* etc., John Ray (1628—1703), care formulează pentru prima dată definiția de gen și specie și împarte plantele după criterii morfologice în: *perfecte* și *imperfecte*, fiind considerat și inițiatorul nomenclaturii binare, Pitton Tournefort (1656—1708), care introduce în sistematică noțiunile de *clasă, secție, gen* și *specie*.

Carl Linné (1707—1778) (fig. 3) a fost cel mai mare cunoscător al plantelor și cel mai de seamă sistematician al secolului al XVIII-lea. El definește nomenclatura binară compusă din gen și specie. Această precizare a înlăturat confuziile, contribuind din plin la dezvoltarea științelor biologice.

C. Linné arată că orice plantă aparține în același timp unei anumite specii, gen, familii, ordin, clasă. Spre deosebire de Tournefort, care diferenția genurile după structura corolei, C. Linné se folosește numai de caracterele morfologice externe, în special de numărul staminelor și al pistilelor. El împarte plantele în 24 de clase, 23 cuprind plante cu flori, iar o clasă plante fără flori. Clasele sînt împărțite în 116 ordine (astăzi familii), iar acestea în genuri și mai departe în specii. C. Linné menționează 1 000 de genuri cu 10 000 de specii, dintre care multe au fost descrise de el.

Clasificarea lui Linné este artificială, deoarece folosește numai caracterele morfologice externe (numărul staminelor și al pistilelor). De fapt nivelul științific al cunoștințelor în privința speciei nu permitea evitarea sistemului artificial.

Principiul clasificării plantelor după caracterele morfologice a generat o serie de confuzii. Astfel, în clasa *Diandria* cu două stamine a fost introdus liliacul și unele plante din graminee, iar morcovul a fost repartizat într-o clasă cu coacăzul, trestia cu dracila etc.

Opera de sistematician a lui Linné, cu toate lipsurile ei inerente nivelului de dezvoltare a științelor, a însemnat un important progres în dezvoltarea botanicii și științelor biologice în general. De la 10 000 de

Scanned with OKEN Scanner

specii, descrise de Linné, numărul se ridică la peste 100 000 în decurs de cîteva decenii.

Concepţia biologică a lui Linné rămîne în esenţă fixistă. El scria: „sînt atîtea specii cîte a creat la început fiinţa infinită".

Bernard de Jussieu (1699—1777) pune bazele clasificării ştiinţifice naturale ceea ce realizează mai tîrziu, în mare parte, nepotul său Antoine Jussieu.

Jean Baptiste Lamarck (1744—1829) are meritul de a fi realizat pasul hotărîtor în clasificarea plantelor. Revizuind în mod critic lucrările de sistematică, el enunţă *principiul cheilor dicotomice*, care s-a dovedit practic şi se foloteşte în botanică şi zoologie. Ca sistematician, J. B. Lamarck a devenit celebru publicînd lucrarea *Flora franceză* (1778). El se apropie de clasificarea naturală şi aplică ideea gradaţiei evolutive, explicînd legăturile dintre diferite grupe de plante prin prisma evoluţiei; împarte lumea plantelor în 7 clase cu 114 familii şi 1 597 de genuri.

Fig. 3. Carl von Linné.

Deşi clasificarea lui J. B. Lamarck purta amprenta evidentă a gîndirii evoluţioniste, ea nu a fost răspîndită ca cea a lui A. Jussieu, care s-a dovedit mai uşor de folosit în practică. Augustin De Candolle (1778—1841), botanist elveţian, a rezolvat în mare parte problema clasificării naturale, iar Lorenz Oken (1779—1851), naturalist german, a dezvoltat principiile clasificării naturale.

Clasificarea plantelor a fost dezvoltată mai departe după principii evoluţioniste de către botanistul austriac S. L. Endlicher (1805—1849) şi de către botanistul german A. H. Engler (1844—1930).

În ultimele decenii, în sistematica plantelor se ţine seama, în mod deosebit, de numărul şi forma cromozomilor, citogenetica oferind astfel un sprijin de bază în stabilirea drumului evolutiv al legăturilor de înrudire filogenetică între specii.

Dezvoltarea cercetărilor de zoologie. Pînă în secolul al XIV-lea cunoştinţele despre animale erau cele rămase de la Aristotel, completate cu diverse legende bogate în fantezie.

Conrad Gesner (1516—1565) este zoologul care a deschis drumul spre o zoologie ştiinţifică, concentrînd într-o enciclopedie din 5 volume cunoştinţele de pînă atunci în acest domeniu.

John Ray (1628—1703), cunoscut botanist, se ocupă în mod egal şi de clasificarea animalelor. Luînd ca bază principiile lui Aristotel, el a clasificat lumea animală în *animale cu sînge* şi *fără sînge*, care apoi sînt împărţite în diferite grupe. Unele criterii folosite de către Ray au fost juste şi preluate apoi de către alţi sistematicieni.

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 4. Georges Cuvier.

Carl Linné introduce în zoologie patru subdiviziuni taxonomice: *clasă, ordin, gen, specie.* Regnul animal este împărțit de Linné în 6 clase: *patrupede, păsări, amfibii, pești, insecte* și *viermi.* Clasificarea lui Linné cuprinde și o serie de greșeli, struțul, păunul, găina și altele fiind unite într-un ordin etc.

Jean Baptiste Lamarck revizuește clasificarea întocmită de Linné și împarte animalele în nevertebrate și vertebrate, nevertebratele fiind divizate în 10 clase, iar vertebratele în 4 clase.

Principiul clasificării lui J. B. Lamarck a fost complexitatea sistemului nervos, după care stabilește 6 trepte evolutive. În prima treaptă el introduce *infuzorii și polipii,* lipsiți de nervi, iar în treapta a șasea *păsările* și *mamiferele.*

Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844), zoolog și anatomist francez, aduce o contribuție de seamă în special în sistematica ordinului *Primates.*

Georges Cuvier (1769—1832), zoolog francez, întemeietorul paleontologiei, a pus bazele unui sistem natural de clasificare a animalelor. El demonstrează că sistematica animalelor trebuie să se facă după particularitățile structurii interne și externe, subliniind importanța sistemului nervos (fig. 4).

G. Cuvier renunță la dispoziția liniară a grupelor de animale, considerînd că un sistem nu poate fi reprezentat ca un șir unic, ci sub forma unui arbore ramificat, din care să reiasă gradul de organizare a fiecărui grup. Astfel, mamiferele, deși reprezintă grupa superioară a vertebratelor, nu pot fi prezentate ca o continuare a păsărilor, deoarece mamiferele inferioare sînt mai puțin perfecte în organizarea lor decît păsările superioare. Regnul animal este împărțit, după complexitatea sistemului nervos, în patru *tipuri* (încrengături): *Vertebrata, Mollusca, Articulata* și *Radiata.* Ideea încrengăturii a fost justă, ea ducînd în secolul al XIX-lea la sistematica filogenetică. G. Cuvier însă nu a putut găsi punctul comun al încrengăturilor, considerînd tipurile *fixe,* fără vreo legătură genetică între ele.

Dezvoltarea cunoștințelor de anatomie și fiziologie animală. Vorbind despre dezvoltarea *anatomiei* nu putem să nu amintim de Leonardo da Vinci (1452—1519) pictor, inginer și naturalist italian, care a lăsat picturi de organe distincte, ce uimesc prin talentul de pictor și precizia de om de știință. Dar lucrările lui nu au putut influența dezvoltarea anatomiei, deoarece au rămas nepublicate timp de 400 de ani. Inima era considerată de Da Vinci drept „mușchiul cel mai puternic".

Scanned with OKEN Scanner

Andreas Vesalius (1514—1564), profesor de anatomie la Universitatea din Padua, este considerat întemeietorul anatomiei. El a introdus în medicină disecția cadavrelor, care era încă interzisă. În 1543 Vesalius publică un tratat de anatomie umană, în care explică structura anatomică a corpului omenesc, combătînd greșelile lui C. Galen privind structura inimii, care considera că există pori interventriculari. A. Vesalius arată că peretele interventricular este constituit din cea mai compactă substanță a inimii.

Marcello Malpighi (1628—1694), medic italian, este întemeietorul *anatomiei microscopice*. A descris structura microscopică la plămîni, ficat, rinichi, pancreas etc. Numeroase organe îi poartă numele: stratul lui Malpighi din piele, glomerulii lui Malpighi din rinichi, tuburile lui Malpighi la insecte etc.

În secolul al XVIII-lea se pun bazele *anatomiei comparate* de către Cuvier, Geoffroy Saint-Hilaire și Richard Owen, ceea ce a grăbit apariția ideii de evoluție. În domeniul anatomiei comparate francezul Vicq d'Azyr (1748—1794) ajunsese la ideea dependenței structurii dinților la mamifere de modul lor de viață.

Georges Cuvier a studiat structura anatomică a mai multor specii de animale și a stabilit *principiul corelației dintre organe*, prin care se subliniază legătura ce se stabilește între structura și funcțiile diferitelor organe. Ghearele puternice ale unui mamifer sînt corelate cu modul lui de viață carnivor, la fel ca dinții și musculatura puternică, abilitatea în dobîndirea prăzii, tub digestiv și digestie caracteristice. Cunoscînd aceste corelații, spunea G. Cuvier, putem reconstitui structura animalului, putem determina poziția lui sistematică. El înțelegea subordonarea funcțiilor și organelor față de întregul organism prin intermediul sistemului nervos.

În domeniul *fiziologiei animale*, preocupările din secolele XVI și XVII au culminat cu concluziile medicului englez Wiliam Harwey, care a demonstrat că sub impulsul inimii, sîngele are o mișcare perpetuă în cerc. Nimeni nu se gîndea pe atunci că același sînge care pleacă prin aortă se întoarce în inimă prin vena cavă. Se credea că sîngele plecat îmbibă țesuturile, o parte se transformă în mușchi, iar alta se pierde prin transpirație și excreție. Sîngele plecat ar fi fost înlocuit de altul proaspăt care venea din ficat și provenit din alimente.

A. Lavoisier (1743—1794) prin experiențele sale a contribuit la explicarea procesului de respirație. În prima sa experiență, el a încălzit mercur în prezența unei cantități de aer determinate, constatînd formarea oxidului de mercur (o substanță roșie) și scăderea volumului de aer cu aproximativ 1/5. În acest aer animalele piereau, deși apa de var rămînea netulburată ca dovadă a absenței bioxidului de carbon. Lavoisier arată că mercurul ia din aer oxigenul și eliberează azot. În a doua experiență a introdus o vrabie într-un recipient, unde aceasta a murit peste 55 de minute, volumul aerului micșorîndu-se foarte puțin, aerul însă tulbura apa de var, deci conținea bioxid de carbon. S-a ajuns la concluzia că în urma respirației se absoarbe oxigen și se eliberează bioxid de carbon. A. Lavoisier susținea că acest schimb de gaze se realizează în pulmon, oxigenul se dizolvă în sînge, iar bioxidul de carbon iese din plămîn, degajîndu-se în aer.

Scanned with OKEN Scanner

Observaţiile au dus la constatarea analogiei dintre arderile obişnuite şi respiraţie, precum şi la legătura dintre căldura corpului la animale şi respiraţia, ca proces particular al arderii. În felul acesta s-a putut evidenţia legătura dintre nutriţie, respiraţie şi căldura corpului.

Dezvoltarea cunoştinţelor de embriologie. Embriologia constituie domeniul ştiinţelor naturii care a zdruncinat *concepţia de preformism* ce domina în biologie încă de pe timpul lui Anaxagora.

Naturalişti de renume pentru secolul al XVII-lea şi al XVIII-lea ca germanul Gotfried Leibniz (1646—1716) şi elveţianul Charles Bonnet (1720—1793) susţineau preformismul cu autoritate. G. Leibniz a încercat să fundamenteze „ştiinţific" preformismul, enunţînd teoria evoluţiei lente *„natura non facit saltus"*. El considera că fiinţele superioare sînt „împachetate" în interiorul fiinţelor simple.

Charles Bonnet susţinea că într-un embrion sînt „împachetaţi" embrionii generaţiilor viitoare şi că vieţuitoarele ar fi dirijate spre o stare viitoare prin germenii introduşi în fiinţa creată iniţial ca prototip de către o forţă supranaturală.

În susţinerea preformismului apar curentele *animaculist* şi *ovulist*. Adepţii curentului animaculist considerau că organismele sînt preformate în spermatozoizi, care ajunşi în ovul nu fac altceva decît să crească, ovulul oferind condiţii optime. Curentul ovulist susţinea că embrionul preformat se află în ovul, spermatozoidul avînd doar rolul de a-i da impulsul dezvoltării.

Preformismul a fost combătut după secolul al XVII-lea de către Descartes (1596—1650), Pierre Maupertuis (1698—1795), G. Buffon (1707—1788), D. Diderot (1713—1784), John Needham (1713—1781) şi Gaspar Wolff (1733—1794). D. Diderot spunea: *„Vedeţi acest ou? Ei bine, cu aşa ceva răsturnaţi toate şcolile de teologie şi toate templele de pe pămînt"*.

În combaterea preformismului un rol de seamă i-a revenit lui Karl von Baer (1792—1876). El a demonstrat că în procesul dezvoltării individuale apar mai întîi caracterele de tip şi apoi treptat cele de clasă, ordin, gen şi specie. Cu cît embrionii ce aparţin la ordine şi chiar clase diferite sînt mai tineri, cu atît ei sînt mai asemănători (fig. 5).

Subliniind asemănarea diferiţilor embrioni, K. Baer scria: „Păstrez conservaţi în alcool doi embrioni mici, ale căror nume am uitat să le anexez şi în momentul de faţă nu pot să spun în nici un chip cărei clase aparţin. Poate că sînt şopîrle sau păsări mici sau mamifere foarte tinere, într-atît este de completă asemănarea în modul de alcătuire al capului şi trunchiului la aceste animale. La aceiaşi embrioni extremităţile lipsesc. Dar chiar dacă ar fi existat în cel mai timpuriu stadiul al dezvoltării lor nu am fi cîştigat nimic, deoarece picioarele şopîrlelor şi mamiferelor, aripile şi picioarele păsărilor, precum şi mîinile şi picioarele omului se dezvoltă toate din aceeaşi formă fundamentală".

Concluzia că „embrionul unei forme superioare se aseamănă întotdeauna cu embrionul altei forme, dar nu cu adultul" i-a atras atenţia lui Ch. Darwin în mod deosebit şi a fost denumită de el *„legea asemănării embrionilor."*

Scanned with OKEN Scanner

Lucrările lui G. Wolff și K. Baer au demonstrat cu prisosință că în dezvoltarea embrionilor se poate întrevedea istoria speciilor. La un astfel nivel de cunoștințe teoria evoluției devine posibilă.

Realizări din alte domenii științifice. *Concepția cosmogonică.* Ideea infinității universului susținută de Giordano Bruno (1600) este preluată de către René Descartes (1596—1650) și dezvoltată apoi de către G. Buffon (1749), care a formulat o concepție cosmogonică nouă, susținînd că toate planetele s-au desprins din soare, pămîntul avînd astfel istoria sa de dezvoltare.

Immanuel Kant (1724—1804) a formulat teoria cosmogonică, iar Pierre Simon Laplace a fundamentat-o matematic. El susține că soarele și toate celelalte planete s-au format dintr-o masă gazoasă sub acțiunea forțelor de atracție și respingere. Tuturor planetelor li se atri-

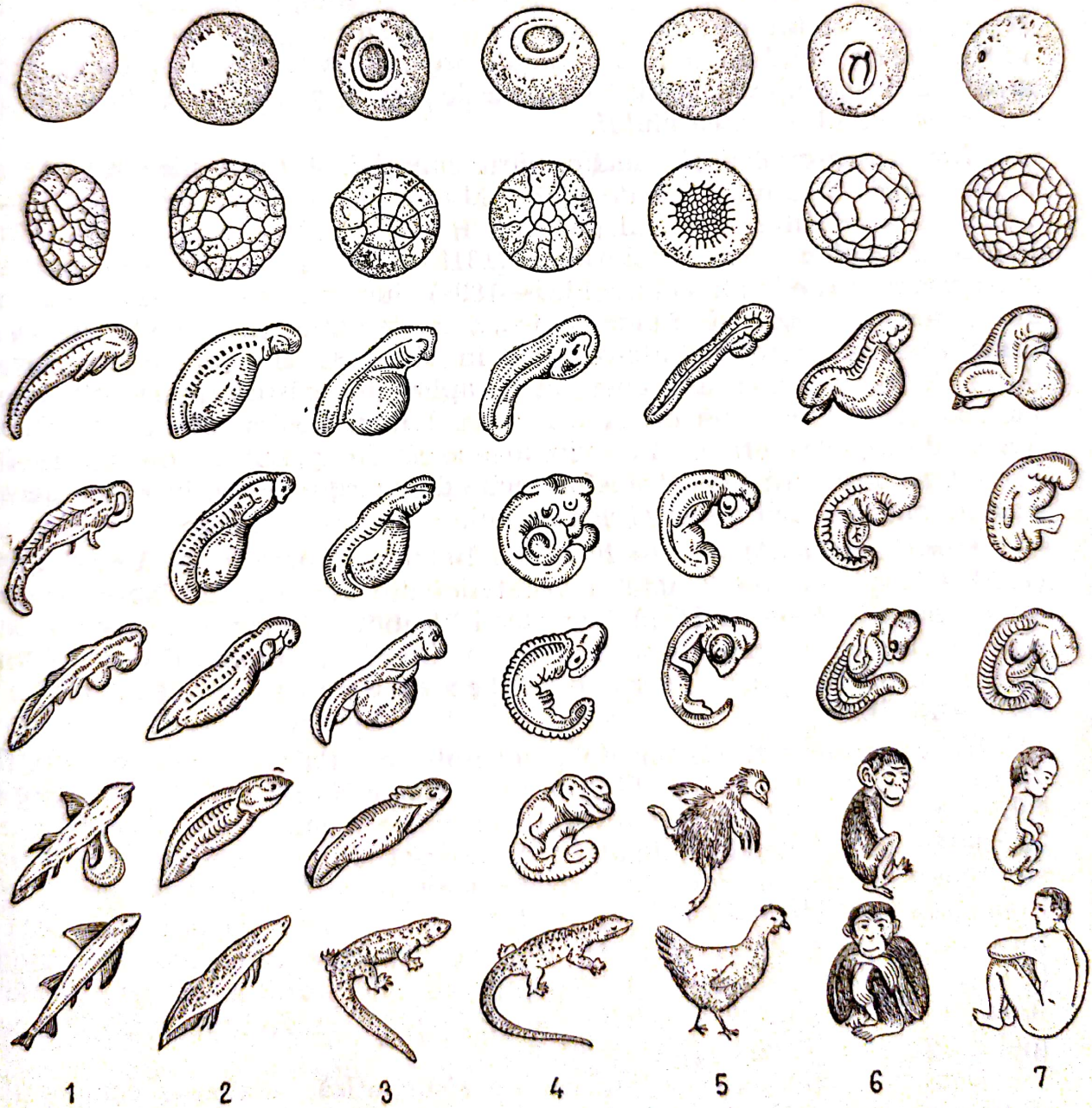


Fig. 5. Asemănări în dezvoltarea embrionilor de vertebrate:
1 — rechin; 2 — pești; 3 — salamandră; 4 — șopîrlă; 5 — găină; 6 — cimpanzeu; 7 — om.

Scanned with OKEN Scanner

buie astfel o dezvoltare istorică, eliminîndu-se intervenţia forţelor supranaturale.

Sinteza ureei. În prima jumătate a secolului al XIX-lea chimiştii au stabilit că substanţa organică vie este constituită din aceleaşi elemente ca şi cea neorganică. Teoriile idealiste susţineau că între substanţa organică şi cea neorganică este o barieră de netrecut, întrucît pentru sinteza substanţei organice este necesară „o activitate imaterială". Chimistul german Friedrich Wöhler (1800—1882) demonstrează falsitatea acestor păreri sintetizînd, în anul 1828, uree din soluţie apoasă de acid clorhidric şi amoniac menţinute o perioadă îndelungată în stare de fierbere.

Teoria celulară. Întemeietorul teoriei celulare este considerat biologul german Theodor Schwann (1810—1882) care a studiat îndeaproape celula animală. Cercetările lui sînt completate şi la plante de către compatriotul său botanistul Matthias Schleiden (1804—1881). Teoria celulară a fost enunţată în anii 1828—1829 şi importanţa ei constă în stabilirea unităţii structurale atît la plante cît şi la animale, celula devenind *unitatea viului.*

Legea conservării şi transformării energiei. Această idee a fost formulată încă în anul 1748 de către Mihail Lomonosov (1711—1765). În anul 1842, medicul german Robert Mayer (1814—1878), fizicianul englez James Joule (1818—1889) şi naturalistul german Hermann Helmholtz (1821—1894), lucrînd independent unul de altul, demonstrează şi fundamentează matematic (H. Helmholtz) transformarea energiei dintr-o formă în alta. H. Helmholtz dovedeşte că legea conservării energiei se aplică în măsură egală atît fenomenelor din lumea vie cît şi celor din lumea lipsită de viaţă. După aceste descoperiri organismul viu începe să fie privit ca un sistem fizico-chimic, în care toate transformările de energie se fac în concordanţă cu legile conservării materiei şi energiei.

Flora continentelor este înrudită. Botanistul american Asa-Gray (1810—1888) constată înrudirea vegetaţiei din America de Nord cu cea de pe munţii Asiei, a Pirineilor etc. El subliniază astfel influenţa perioadei glaciare asupra răspîndirii florei. Concluzii asemănătoare publică şi renumitul fitogeograf german Alexander von Humboldt (1769—1859).

Dezvoltarea cercetărilor de paleontologie. Paleontologia ca ştiinţă de sine stătătoare a apărut la graniţa secolelor XVIII şi XIX. George Cuvier, aplicînd principiul corelaţiei dintre organe şi în paleontologie, stabileşte că scheletele animalelor fosile pot fi reconstituite pe baza studiilor asupra unor organe separate descoperite în straturile geologice. Concepţia sa fixistă nu i-a permis lui G. Cuvier să întrevadă legătura evolutivă a animalelor de astăzi cu speciile dispărute, recurgînd la explicaţia *catastrofelor* şi la repopularea pămîntului de o forţă divină. Această idee creaţionistă a frînat apariţia ideii de evoluţie întîrziind cu mai multe decenii victoria ei deplină.

Datorită principiilor ştiinţifice de sistematică, anatomie comparată şi paleontologie, G. Cuvier este considerat ca un savant care prin descoperirile făcute a dovedit evoluţia lumii organice.

Scanned with OKEN Scanner

Charles Lyell (1797—1875) este geologul englez care, pe baza unui material faptic bogat și bine documentat, a eliminat concepția catastrofelor din geologie. El a dezvoltat cu succes ideea de evoluție a scoarței pămîntești. În lucrarea *„Principiile geologiei"*, apărută în anii 1830—1833, Ch. Lyell demonstrează că asupra pămîntului niciodată nu au acționat alte forțe în afară de cele care acționează și în prezent. Ca urmare, pentru explicarea modificărilor geologice nu este nevoie să recurgem la catastrofe. Dispariția unor specii a avut loc treptat, sub acțiunea condițiilor de mediu modificat.

Concluziile lui Lyell au influențat puternic concepțiile evoluționiste ale lui Ch. Darwin, care citește opera lui Ch. Lyell chiar în timpul călătoriei pe vasul Beagle, cînd observațiile personale îi confirmă justețea principiilor de geologie susținute de acesta.

Curente opuse ideii de evoluție. Multiplele descoperiri realizate pînă la jumătatea secolului al XIX-lea au contribuit la apariția unei gîndiri materialiste despre evoluție. Împotriva ideii de evoluție se menținеau creaționismul, vitalismul, preformismul și teoria generației spontanee sub cele mai diferite aspecte.

Vitalismul. Vitaliștii au constituit o frînă puternică pentru afirmarea ideilor progresiste despre evoluție. Apărători ai curentului metafizic, ei încercau să explice esența vieții, mișcarea materiei vii și orice fenomen specific materiei vii cu ajutorul forțelor supranaturale pe care le denumeau: *entelechie, suflet, arheu, forță vitală, forță creatoare* etc. Vitaliștii considerau materia pasivă, incapabilă de a poseda formă sau mișcare. Mișcarea i se atribuie materiei din afară, de către o forță supranaturală incognoscibilă, *forța vitalității.*

Unul dintre întemeietorii principali ai vitalismului din epoca modernă a fost Jean von Helmont (1577—1644). După J. Helmont lumea constituie un organism uriaș compus din trepte din ce în ce mai complexe: minerale, semințe, lucruri, plante, animale și omul, care, în plus față de animale, este dotat cu suflet nemuritor. Activitatea acestei ierarhii este condiționată de o ierarhie corespunzătoare de forțe denumite *arheu,* peste care domnește forța atotstăpînitoare — *arheus influus,* considerată incognoscibilă.

Circulația sîngelui era considerată pînă în secolul al XVI-lea ca o urmare a *„forței de pulsație"*. William Harvey demonstrează, însă, pe cale experimentală că circulația sîngelui este un fenomen biologic cauzal, condiționat de contractarea mușchiului inimii.

Pînă în secolul al XVII-lea vitaliștii susțineau că toate procesele chimice din organism sînt dirijate de forțe vitale. Formularea legii conservării materiei (1748), fundamentarea științifică a legii conservării și transformării energiei (1842), în special valabilitatea acestor legi și pentru viețuitoare, i-a obligat pe vitaliști să renunțe la concepția dirijării proceselor chimice de către o forță misterioasă, supranaturală.

În secolele XVIII—XIX vitaliștilor nu le mai rămînea decît negarea posibilității de sintetizare artificială a substanțelor organice. Fr. Wöhler depășește și această barieră sintetizînd uree pe cale experimentală, în laborator.

Teoria generației spontane. Ideea genezei viețuitoarelor pe cale spontană, din mediile pe care trăiesc, a fost întîlnită pentru prima oară

Scanned with OKEN Scanner

la anticii greci și romani, perioadă cînd prezenta un progres evident, deoarece înlătura intervenția unei forțe supranaturale. Pentru evul mediu și epoca modernă, ideea generației spontane își păstrează acest caracter numai pînă la începutul secolului al XVII-lea, cînd este susținută de filozofi și naturaliști în opoziție cu ideea de „creație", prin aceasta încercînd să fundamenteze un nou mod de gîndire, opus creaționismului.

În secolul al XVI-lea ideea generației spontane este dezvoltată de medicul Paracels (1493—1541), iar în secolul al XVII-lea de către Jean von Helmont întemeietorii teoriei vitaliste. Explicațiile date și „dovezile" erau absurde, Helmont susține, de exemplu, că șoarecii pot să apară dintr-un amestec de făină, praf și cîrpe.

Întrebarea dacă viețuitoarele pot sau nu să apară în mod spontan a produs o dispută serioasă în rîndul naturaliștilor. Cercetători de seamă se angajează într-o serie de experiențe, folosind ca metode de cercetare și observația la microscop, descoperit în acea vreme.

Francesco Redi (1626—1697) a studiat posibilitatea apariției spontane a viermilor pe carne. El a ajuns la concluzii surprinzătoare pentru vremea sa: „pe alimentele bine acoperite viermii nu apar, iar pe cele neacoperite apar deoarece insectele își depun ouăle din care apoi ies viermii, care nu sînt altceva decît larvele insectelor".

Antony von Leeuwenhoek (1632—1723) acceptă posibilitatea genezei spontane numai la microorganisme, a căror descoperire îi aparține, restul viețuitoarelor au fost, spune el, create.

Georges Buffon (1707—1788) considera că ființele cele mai mici, ca infuzorii, sînt cele mai simple combinații de „molecule organice" și ele pot apărea spontan.

John Needham (1713—1781) experimentează eprubete cu bulion de carne și resturi de plante ținute acoperite în cenușă fierbinte, după care au fost lăsate în păstrare. Peste un timp el observă apariția multor organisme, ceea ce îl determină să susțină că în materia lipsită de viață există o „forță vegetativă" care o readuce la viață.

Lazzaro Spallanzani (1729—1799) repetă experiențele lui J. Needham în condiții riguros verificate și constată că organismele nu apar spontan. Aceste rezultate au avut ecou pozitiv asupra practicii conservării produselor, aplicată imediat cu rezultate foarte bune de către francezul Charles Apper în anul 1810.

Imposibilitatea apariției pe cale spontană a viețuitoarelor a mai fost dovedită experimental de către Frantz Schultze (1836), Th. Schwann (1837), Henrich Schröder și Theodore von Duch (1854). Cu toate acestea, problema a rămas neelucidată pînă la renumitele experiențe ale lui Louis Pasteur.

Louis Pasteur (1822—1895) este savantul căruia printre alte merite deosebite îi revine și acela de a fi lichidat pentru totdeauna concepția generației spontane. L. Pasteur demonstrează, prin experiențe amănunțite, că insectele, microorganismele și sporii din mediul înconjurător constituie sursa permanentă de infestare a produselor alimentare, din care apoi apar diferite larve, are loc procesul de fermentație sau putrefacție. Dacă bulionul bine fiert este ferit de infestare, atunci el nu va mai intra în putrefacție. Tratînd problema fermentației dovedește că aceasta este determinată de ființe mici, drojdiile, concluzie

Scanned with OKEN Scanner

ce venea în contradicție cu principiile marilor chimiști ai epocii J. Berzelius și J. Liebig.

Afirmațiile lui L. Pasteur au fost combătute de către Felix-Archimede Pouchet, directorul muzeului de istorie naturală din Rouen, care susținea că experiențele nu pot fi repetate. L. Pasteur, însă, a repetat experiențele sale cu multă măiestrie în fața unei comisii din partea Academiei de științe din Franța, constatîndu-se că L. Pasteur se folosise în experiențele sale de o infuzie de drojdie care se steriliza la o temperatură de 100°C, iar F. A. Pouchet nu a putut obține aceleași rezultate deoarece utilizase o infuzie de bacterii ce se găsesc în fîn *(Bacillus subtilis)* a căror spori mor numai la o temperatură de 115—120°C.

Experiențele lui L. Pasteur au lichidat concepția generației spontane și au stimulat practica medicinii și a industriei alimentare, prin folosirea metodei de sterilizare.

2.3. Apariția și consolidarea ideii de evoluție

Descoperirile științifice și observațiile făcute pînă în secolul al XVIII-lea au dus la conturarea ideii de evoluție în a doua jumătate a secolului al XVIII-lea, urmînd ca în secolul al XIX-lea ea să devină mai precisă și să se dezvolte.

În curentul evoluționist al secolului al XVIII-lea se înscriu Benoît de Maillet (1656—1738), Jean-Baptiste Robinet (1735—1881), Charles Bonnet (1720—1793), Denis Diderot (1713—1784), dar în special Pierre Moreau de Mauoertuis (1698—1759) și Georges Leclerck de Buffon (1707—1788). Concepțiile acestor naturaliști au format *curentul transformist*, ce nu a reușit să înlăture ideea impulsului care ar conduce fenomenul de evoluție de la simplu la complex sub influența instabilității mediului. Benoît de Maillet explica transformarea peștilor în păsări astfel: „Peștii părăsiți de apele care s-au retras au fost forțați să se obișnuiască a trăi pe pămînt". „A urmat transformarea lor treptată". „Chiar de ar fi pierit o sută de milioane fără a fi putut căpăta deprinderile necesare, este de ajuns ca doi să fi izbutit pentru a fi dat naștere unei alte specii".

La ceilalți naturaliști enumerați, în afară de Buffon, concepția transformistă este limitată, întîlnim doar elemente sporadice despre transformarea speciilor, fără a alcătui o teorie închegată.

Georges Louis Leclerck de Buffon este primul naturalist care subliniază condițiile de viață (hrana, domesticirea), clima și hibridarea drept cauze care stau la baza succesiunii speciilor în decursul erelor geologice (fig. 6).

După G. Buffon toate organismele sînt compuse din *„molecule organice"*, calitativ deosebite de materia anorganică, ce se pot combina în cele mai diferite feluri, dînd o diversitate inepuizabilă de ființe. El consideră că speciile apropiate derivă una din alta, datorită influenței mediului înconjurător asupra combinării moleculelor organice și presupune că pe măsura modificării condițiilor de climă unele dintre anima-

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 6. Georges Buffon.

lele cu o organizare superioară ar fi degenerat în altele mai puțin perfecționate. Observînd marea asemănare dintre animalele de pe continente diferite, ajunge la concluzia că ele au origine comună; maimuța și omul sînt considerate, de asemenea, ca avînd aceeași origine, maimuța fiind un om nedezvoltat.

Jean Baptiste de Lamarck (1744—1829) (fig. 7), după ce se afirmă ca un talentat sistematician în botanică, la vîrsta de 49 de ani își schimbă profilul, ocupînd postul de profesor la catedra de nevertebrate de la Muzeul de istorie naturală din Paris. Datorită talentului și muncii depuse, J. B. Lamarck reușește să se afirme ca un iscusit sistematician și în zoologie, în special la nevertebrate. Deși în ultimii 10 ani ai vieții J. B. Lamarck a fost orb și a trăit în mari greutăți materiale, el continuă să-și elaboreze lucrările ajutat de una din fiicele sale Rozalia.

J. B. Lamarck este recunoscut ca un strălucit precursor al biologiei științifice și fondatorul transformismului. El neagă fixitatea speciilor, susținută de C. Linné și G. Cuvier, contrapunînd ideilor creaționiste o teorie originală a formării speciilor prin transformarea celor existente. Consideră că speciile au o stabilitate relativă, derivînd unele din altele în urma unor mici variații care se acumulează de la o generație la alta într-un timp îndelungat. Această concepție evoluționistă este reflectată și în opera de sistematician, prin orînduirea speciilor în funcție de gradul de organizare.

În concepția lui J. B. Lamarck trebuie subliniate două laturi principale:

1. Admitea posibilitatea apariției vieții pe cale spontană, sub formă de organisme cu organizare inferioară (infuzorii, viermii paraziți etc.) și a celor mai simple plante, ca *Bissus* dintre alge etc. Odată apărută, viața tinde permanent spre perfecționare. Această însușire îi este dată materiei din afară de către un așa-zis *„impuls inițial"*. Prin impulsul inițial viețuitoarelor li s-a jalonat drumul pe care acestea ar trebui să-l respecte în condițiile mediului existent.

2. Condițiile de mediu nu rămîn constante, ceea ce obligă viețuitoarele să se abată de la drumul jalonat prin „impulsul inițial" și să se modifice adecvat noilor condiții. Reiese astfel că forța motrică a evoluției constă în tendința internă a organismului spre progres și în influența mediului înconjurător.

Condițiile de mediu acționează asupra viețuitoarelor diferit, în funcție de complexitatea sistemului nervos. Asupra plantelor și animalelor

Scanned with OKEN Scanner

inferioare influența mediului înconjurător se exercită *direct*. J. B. Lamarck ilustrează această concepție prin specia *Ranunculus aquatilis*, la care plantele ce cresc în mlaștini au două feluri de frunze: cele din apă sînt fin sectate, iar cele de deasupra apei lobate. Sistematicienii necunoscînd acest fenomen au considerat plantele ce cresc pe terenuri umede neinundate, ca făcînd parte din specia *R. hederaceus*, iar cele de pe marginile lacurilor din *Ranunculus aquatilis*.

Fig. 7. Jean Baptiste de Lamarck.

La animale, condițiile de mediu modificate creează necesități noi, pe care animalul caută să le satisfacă prin sforțări interioare, în urma cărora organul solicitat se perfecționează sau, uneori, apar chiar organe noi. Astfel, el consideră că păsările de pe țărm au depus eforturi permanente pentru a nu se înnămoli și pentru a prinde peștele din apă și ca rezultat li s-au lungit picioarele, gîtul și ciocul. La păsările înotătoare sforțarea de a-și desface degetele, pentru un înot mai eficace, a dus la formarea palmurei interdigitale. La girafă gîtul s-a alungit datorită sforțărilor făcute pentru procurarea hranei de pe crengile copacilor etc.

Contrar antrenamentului care, după J. B. Lamarck, perfecționează și fortifică organul, lipsa de utilizare îl slăbește, îl face să dispară. Lipsa utilizării dinților a dus la dispariția lor la balenă și păsări, iar ochii au devenit foarte mici la cîrtiță etc.

Teoria evoluționistă a lui J. B. Lamarck se concretizează în două principii, cunoscute și sub denumirea de legile lui J. B. Lamarck:

a. modificarea organelor prin utilizarea sau neutilizarea lor sub influența hotărîtoare a condițiilor de mediu;

b. transmiterea pe cale ereditară a caracterelor dobîndite, cu condiția menținerii acțiunii condițiilor modificate de mediu.

J. B. Lamarck se situează pe poziții evoluționiste în privința sistemului nervos, arătînd că acesta a apărut pe o anumită treaptă a evoluției. De asemenea tratînd originea omului el subliniază cu curaj originea animală, din maimuță, în evoluția omului menționează trecerea la poziția verticală și apariția graiului articulat, ca etape de mare importanță.

Apreciind concluziile lui J. B. Lamarck despre evoluția speciilor, Ch. Darwin arată că acestea l-au interesat în mod deosebit și scrie că „el a atras atenția că orice schimbare în lumea organică și cea neorganică este rezultatul unor legi și nu al unor intervenții miraculoase".

Lui J. B. Lamarck îi revine marele merit de a fi elaborat prima teorie despre *originea speciilor* pe baza legilor naturale combătînd fixitatea speciilor. El se situează pe poziţii evoluţioniste în sistematica plantelor în care aplică *principiul gradaţiei,* corespunzător drumului evolutiv pe care l-a parcurs natura. O adevărată revoluţie a constituit şi clasificarea animalelor în ordinea complexităţii crescînde a organizaţiei şi structurii sistemului nervos. J. B. Lamarck şi-a expus concepţiile evoluţioniste de bază în lucrarea *Philosophie zoologique,* în care procesul de evoluţie apare sub forma unei teorii unitare.

Concepţiei lui J. B. Lamarck i se aduc şi o serie de obiecţii. În primul rînd el a explicat greşit cauzele evoluţiei recurgînd la ideia „impulsul iniţial" dat materiei de o forţă supranaturală din afară. În al doilea rînd, evoluţia avînd un caracter lent, fără salturi şi nesesizîndu-se rolul selecţiei naturale, este redusă la un fenomen direct adaptativ, bazat pe principiul eredităţii dobîndite, ceea ce s-a dovedit a fi greşit.

Concepţiile lui Lamarck au fost dezvoltate şi îmbogăţite de către Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844), profesor la Muzeul de istorie naturală din Paris, care însă nu a fost de acord cu tendinţa vieţuitoarelor spre evoluţie şi nici cu mecanismul de sforţare nervoasă.

Dezvoltarea cunoştinţelor de genetică şi ameliorare. Explicarea modului în care se transmit caracterele şi însuşirile de la părinţi la urmaşi a frămîntat minţile omeneşti din cele mai vechi timpuri. Marii filozofi antici, greci şi romani, ca Anaxagora, Empedocles, Democrit, Aristotel şi Lucretius Carrus presupuneau că în celulele organismului se găsesc particule materiale prin intermediul cărora se transmit caracterele de la o generaţie la alta. Aristotel a formulat teoria hematogenă a spermei, conform căreia însuşirile se transmit de la părinţi la urmaşi prin sînge. Această „teorie" s-a menţinut multe secole şi chiar în prezent se mai vorbeşte despre rude de sînge.

Apariţia geneticii a fost condiţionată de executarea hibridărilor şi studiul hibrizilor la plante, ceea ce se realizează în secolul al XVIII-lea. Pe atunci se nega existenţa sexelor la plante. De aceea a fost necesară în primul rînd elucidarea problemei: există sau nu sexe la plante.

Meritul de a fi demonstrat existenţa sexelor prin experienţe îi revine unui mare număr de naturalişti. Profesorul german Rudolf Camerer (1665—1721) publică lucrarea *De sexu plantarum,* în care menţionează că pentru obţinerea seminţelor este necesară polenizarea. În anul 1717 Richard Bradley descrie primul hibrid obţinut de către horticultorul englez Thomas Fairchild între *Dianthus barbatus* şi *D. caryophyllus,* hibrid care cumula însuşiri de la ambii părinţi. În anul 1749, Johann Gleditsh, aducînd polen de la un palmier din grădina botanică din Leipzig a făcut să fructifice exemplarul feminin din grădina botanică din Berlin. În anul 1760, Carl Linné primeşte premiul Academiei din Petersburg pentru lucrarea *Disquisitio de sexu plantarum — cercetări privind sexul la plante.* Joseph Gotlieb Kölreuter (1733—1806) demonstrează existenţa sexelor prin încrucişarea a peste 50 de specii din 10 genuri, el fiind considerat întemeietorul

Scanned with OKEN Scanner

hibridării științifice. După moartea lui J. G. Kölreuter existența sexelor la plante este negată din nou, fiind necesare noi experiențe pe care le efectuează Karl Friedrich Gartner (1772—1850).

Unele din principiile eredității au fost întrevăzute de francezul Pierre Louis de Maupertuis (1698—1759) care respingînd teoria hematogenă susține că ereditatea este determinată de „particule" ce provin de la ambii părinți, una dintre particule poate să aibă o acțiune preponderentă sau se poate modifica atît de puternic încît să ducă la apariția de caractere și chiar specii noi, dacă „jocul selecției naturale permite". Se observă astfel că încă în secolul al XVIII-lea se încearcă să se dea eredității o explicație care să fie valabilă și pentru evoluția speciilor.

Fig. 8. Johann Gregor Mendel.

Dintre naturaliștii care prin hibridările efectuate au grăbit apariția geneticii mai amintim pe englezul Thomas Knight (1759—1838), care considera mazărea ca obiect adecvat pentru studiul eredității și englezul William Herbert (1778—1847), care aprecia hibridarea ca mijloc de formare a speciilor alături de climă și sol. W. Herbert spunea că nu întotdeauna au fost atîtea specii cîte există în prezent, ceea ce l-a determinat pe Ch. Darwin să-l considere drept unul din predecesorii săi.

În mare măsură legile eredității au fost sesizate de francezii Augustin Sagéret și Charles Naudin.

Augustin Sagéret (1763—1851) a ajuns la concluzia că însușirile sînt condiționate de *elemente ereditare*, care nu se contopesc în hibrid. El a descris dominanța în prima generație și segregarea de 1 : 1 în generația a doua.

Charles Naudin (1815—1899) s-a apropiat cel mai mult de legile eredității stabilite de Gregor Mendel. El descrie dominanța însușirilor unui părinte în prima generație (F_1) și segregarea spre formele parentale în generația a doua (F_2). Constată, de asemenea apariția de forme noi, în F_2, pe care neputînd-o explica o denumește *variabilitate dezordonată*.

Explicația științifică a eredității a fost dată de Johann Gregor Mendel (1822—1884), care prin experiențe cu hibrizi a formulat legile hibridării cunoscute în genetică sub denumirea de *legile lui Mendel*.

În perioada cînd G. Mendel a enunțat legile hibridării, nu a fost posibilă înțelegerea lor de către contemporani, deoarece formulările lui depășeau cunoștințele de atunci despre celulă și ereditate. Această situație a făcut ca aceste *legi* să fie date uitării și redescoperite de-abia

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 9. Thomas Hunt Morgan.

peste 35 de ani, cînd trei mari naturaliști Hugo de Vries în Olanda, Carl Correns în Germania și Erich Tschermak în Austria, în urma experiențelor efectuate independent unul de altul, au ajuns la concluzii asemănătoare lui G. Mendel. Hugo de Vries se afirmă în același timp și cu *teoria mutaționistă*, care a influențat pozitiv dezvoltarea geneticii.

Anul 1900 este considerat ca dată cînd prin redescoperirea legilor lui G. Mendel s-a semnat actul de naștere a geneticii. În curînd, englezul W. Bateson a dovedit că legile lui G. Mendel sînt valabile și pentru animale. În anul 1909, W. Johannsen a introdus noțiunile de *genă*, genotip și fenotip. Prin genotip W. Johannsen înțelegea totalitatea materialului ereditar din celulă care condiționează dezvoltarea concretă a organismului, iar prin fenotip exteriorizarea însușirilor.

Explicația științifică a eredității a fost posibilă numai pe măsură ce s-au dezvoltat cunoștințele despre comportarea cromozomilor în diviziunile celulare, numărul, forma și mărimea cromozomilor.

În anul 1848, W. Hofmeister a observat în nucleul celular niște *„bastonașe"* care în anul 1888 au fost denumite de către W. Waldeyer, *cromozomi*, datorită însușirii lor de a se colora electiv în unele substanțe colorante. Alte descoperiri citologice care au contribuit la apariția și dezvoltarea geneticii au fost: descrierea fecundației la plante (N. Gorojankin — 1880 și E. Strassburger — 1884), descrierea diviziunilor celulare la plante (W. Fleming — 1882) și animale (E. Strassburger — 1886) și altele.

La începutul secolului al XX-lea, zoologul american Thomas Hunt Morgan (1866—1945) (fig. 9) și școala sa au enunțat teoria cromozomală a eredității, cromozomul fiind considerat suportul de bază al eredității, al genelor.

În urma contribuțiilor aduse de N. I. Vavilov, W. Castle, R. Sturtevant, Th. Dobzhansky, E. Sinnot, L. Dunn, C. Beadle, H. I. Müller, E. Baur, R. Goldschmidt, C. Darlington, T. Avery, J. Watson, F. Crick, F. Jacob, J. Monod, M. W. Nirenberg, H. G. Khorana și alții, gena reprezentată ipotetic la începutul secolului XX a putut fi sintetizată în anul 1970 în laborator de către un grup de cercetători din Massachusetts (S.U.A.), condus de profesorul Har Gobing Khorana.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 3

DEZVOLTAREA BIOLOGIEI, GENETICII ȘI AMELIORĂRII ÎN ROMÂNIA

Pînă în anul 1830 manifestările științifice din domeniul biologiei din țara noastră constau în preocuparea de cunoaștere a naturii. Astfel, Nicolae Milescu a scris primul tratat românesc despre animalele terestre și marine, Constantin Cantacuzino (1650—1716) a alcătuit prima hartă geobotanică a Munteniei, Dimitrie Cantemir (1673—1723) (fig. 10) descrie flora spontană și cultivată din Moldova și alcătuiește harta Moldovei. Acest mare cărturar în multipla sa operă „*Descrierea Moldovei*" (1715) arată, poate pentru prima oară pe plan mondial, caracterul dominant al sindactiliei la porci.

În anul 1777 a avut loc o reformă a învățămîntului în urma căreia științele naturii au fost introduse oficial în învățămînt.

Perioada 1830—1860 se remarcă prin activitatea de dezvoltare a cercetărilor și de popularizare a științelor naturii, de preocuparea organizării învățămîntului și a unor societăți științifice. Dintre evenimentele științifice ale acestei perioade se pot aminti: înființarea Societății medicilor din Moldova (1833), prin străduința medicilor Mihail Zotta și Iacob Cihac, și a medicilor din Transilvania; editarea revistei *Natura* (1836), de către doctorul Iuliu Barași; organizarea învățămîntului superior medical, biologic, agronomic și silvic prin înființarea Școlii de agronomie de la Pantelimon în 1835 (care în 1869 a fost mutată la Herăstrău) și prin organizarea Școlii Naționale de medicină și farmacie (1857); înființarea de grădini botanice, muzee etc. În perioada 1830—1860 apar o serie de lucrări științifice, ca: *Studiul florei și faunei Moldovei* de Iacob Cihac, Iulius Edel și Josef Szabo, *Studiul plantelor alimentare și medicinale* de J. Cihac și J. Szabo, *Elemente de botanică* de Atanasie Fătu și *Cursul de agricultură* de Ion Ionescu de la Brad la Academia Mihăileană.

În gîndirea lui Iuliu Barași, Ioan Ghica și alții se văd tendințe de a depăși concepția fixist-creaționistă din acea perioadă, fapt reliefat mai ales la Ion Ionescu de la Brad (1818—1891), care considera clima, regimul alimentar și generația drept factori de bază în transformarea și îmbunătățirea raselor de animale. El recomanda ca atunci cînd regimul alimentar și selecția nu dau rezultate în îmbunătățirea rasei de animale să se treacă la încrucișarea cu rase superioare. Înainte de a se trece la încrucișarea cu rasele superioare importante, recomanda, de asemenea, perfecționarea raselor locale. Idei asemănătoare se întîlnesc în practica zootehnică și în recomandările lui Pană Buescu și Petre Aurelian. Ultimul spunea: „Omul nu are decît să vrea și poate dobîndi rasele cele mai bune".

Perioada 1860—1890 se caracterizează printr-un avînt puternic al științelor naturii favorizat de progresul științelor pe plan mondial, de interesul pentru exploatarea bogățiilor naturale, de o serie de importante evenimente politice (Unirea Țării Românești cu Moldova, dobîndirea independenței țării etc.), precum și întoarcerea de la studii a unor tineri

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 10. Dimitrie Cantemir.

savanți, patrioți, care luaseră cunoștință de afirmarea darwinismului pe plan mondial.

În această perioadă putem distinge trei direcții ale preocupărilor: cunoașterea bogățiilor naturale, pentru care se cerea dezvoltarea rapidă a cercetării și învățămîntului; acceptarea de către biologii români a teoriei darwiniste privind evoluția speciilor; combaterea teoriilor care se opuneau pătrunderii darwinismului la noi în țară.

Preocupările organizatorice s-au concretizat prin înființarea mai multor instituții de învățămînt și societăți științifice, ca: Universitățile din Iași (1860), București (1864), facultățile de medicină din București (1869) și Iași (1879), Societatea de științe naturale (1865), Societatea Academică Română (1866), în cadrul căreia din anul 1870 a luat ființă Secția de științe naturale. În anul 1879 Societatea Academică s-a transformat în *Academia Română*.

Împotriva curentelor antidarwiniste apăreau articole în diferite reviste de cultură și științifice. Un rol deosebit în acest sens l-a jucat revista *Contemporanul* și activitatea unor învățați, ca Grigore Ștefănescu, Dimitrie Brândza, Dimitrie Grecescu și alții.

Grigore Ștefănescu (1838—1911) a fost profesor de geologie și paleontologie la Universitatea din București. Toate problemele studiate de el sînt abordate de pe poziții materialiste. Îmbrățișînd concepțiile darwiniste, G. Ștefănescu aduce contribuții personale din domeniul paleontologiei. El scria: „studiul fosilelor ne arată că nu toate animalele și plantele au apărut deodată, ci numai succesiv, unele derivînd din altele, că au început cu cele inferioare". Trecerea de la reptile spre păsări, arată Gr. Ștefănescu, s-a făcut prin *Archaeopterix*, animal cu caractere comune reptilelor și păsărilor (fig. 11). În paleontologie s-a afirmat cu două realizări de prestigiu: *1.* descoperirea și reconstituirea scheletului de *Dinotherium gigantissimum*, găsit în nisipurile de la Mînzați-Tutova, care este expus la Muzeul „Grigore Antipa" din București și constituie exemplarul cel mai complet cunoscut pînă în prezent în lume; *2.* descoperirea cămilei fosile pe teritoriul României, care prezintă de fapt o formă de trecere de la cămila primitivă (americană) spre cămila actuală din Africa.

Gr. Ștefănescu a organizat și condus editarea primei hărți geologice a României. Omul era considerat de el ca derivînd din maimuțele antropomorfe.

Dimitrie Brândza (1846—1896), profesor de botanică la Iași și București, și-a manifestat în cursurile sale adeziunea la darwinism. În plus îi revine meritul de a fi organizat Grădina botanică și Institutul de

Scanned with OKEN Scanner

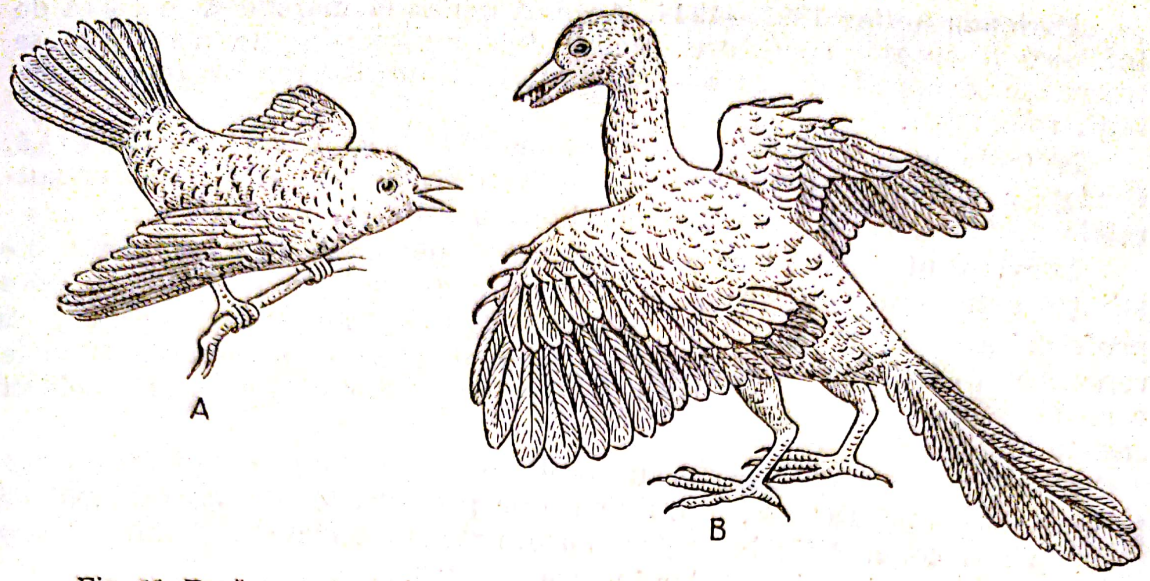


Fig. 11. Pasărea actuală (*A*) și pasărea primitivă *Archaeopterix* (*B*).

Botanică din București, precum și realizarea unei prestigioase lucrări de sinteză asupra florei române: *Prodromul florei române* și *Flora Dobrogei*.

Dimitrie Grecescu (1841—1909) profesor de botanică, adept al darwinismului, s-a remarcat printr-o lucrare de mare proporție *Conspectul florei României*, citată în multe lucrări științifice din străinătate apărute după anul 1900.

De la catedră sau prin lucrările publicate au mai propagat darwinismul și Ștefan Sihleanu, Grigore Cobălcescu și alții.

Pătrunderea darwinismului în țara noastră a fost mult favorizată de lucrări și articole traduse în limba română sau prelucrate de adepți ai darwinismului.

În Transilvania, darwinismul a fost propagat de către Asociația transilvăneană pentru cultura poporului român (A.S.T.R.A.), înființată la Sibiu în anul 1861, în revista căreia se publicau articole despre teoria evoluției, în special de către Gh. Bariț. Alături de el naturaliști de seamă, ca Florian Porcius, Pavel Vasici, Artemiu Pavel Alexi și alții au îmbogățit și popularizat teoria evoluției. Merită, de asemenea, a fi amintit aportul lui Carl Friedrich Jickeli, cunoscut darwinist din Transilvania, care explica variabilitatea prin modificarea metabolismului sub influența condițiilor de mediu.

Între anii 1889—1895 au fost executate experiențe de genetică de către medicul veterinar Constantin Vasilescu de la facultatea de medicină veterinară din București. El a scos în evidență modul în care se transmite monodactilia la suine, fenomen observat încă de Dimitrie Cantemir. Folosind metoda încrucișării și a selecției artificiale C. Vasilescu a reușit să obțină, după 10 generații, numai descendenți monodactili.

Perioada anilor 1890—1944. Această perioadă marchează o epocă de înflorire a științei românești. Rezultatele cercetărilor au permis să se treacă de la popularizarea darwinismului la îmbogățirea lui prin contribuții românești.

Numele unor savanți, ca Victor Babeș, Emil Racoviță, Grigore Antipa și alții au trecut peste granița țării, iar de rezultatele muncii lor s-a bucurat și se bucură întreaga omenire.

După anul 1890 ideea darwinismului pătrunde în toate domeniile științelor naturii. În paralel se propagau și idei creaționiste de către profesori ca N. Paulescu, A. C. Cuza, D. Papadopol, de reprezentanții teologiei. Un pericol evident prezentau cercurile fasciste, care căutau să denatureze legile biologiei în scopul justificării politicii rasiste antiumane.

Concepțiile reacționare erau combătute prin intermediul presei Partidului Comunist Român, a publicațiilor progresiste, de savanții patrioți care apărau concepțiile biologice darwiniste, materialiste și militau pentru cunoașterea și aplicarea lor în țara noastră.

Victor Babeș (1854—1926) (fig. 12), după ce își face studiile în străinătate și se specializează în cele mai de seamă laboratoare, alături de savanți de renume cum a fost Koch și alții, se înapoiază în țară și lucrează ca profesor de bacteriologie și patologie la Facultatea de medicină din București. Alături de munca de pedagog, el dovedește un deosebit talent de cercetător publicînd peste o mie de lucrări științifice și descriind peste 50 de microbi noi; a fost preocupat de studiul turbării, pelagrei, tuberculozei, leprei și altele. Devine celebru mai ales prin cercetările sale asupra turbării, domeniu în care este așezat după vestitul savant francez Louis Pasteur. El a descoperit un grup de microorganisme care provoacă îmbolnăvirea oilor, boilor și cailor, care, în cinstea numelui său, au fost numite *babesii*.

V. Babeș considera că microorganismele se găsesc sub două feluri de raporturi: de colaborare și luptă, prin aceasta sugerînd ideea antibioticelor care au fost descoperite ulterior. El admitea geneza substanței organice din cea anorganică, pe calea evoluției chimice naturale și arată că modificările microorganismelor apar brusc sub influența condițiilor de mediu.

Gheorghe Marinescu (1863—1938), întemeietorul neurologiei românești, elevul lui V. Babeș, adoptă evoluționismul și susține originea vieții din materie abiotică. Renumele mondial i-a fost adus de cercetările sale asupra celulei nervoase oglindite în lucrările *Celula nervoasă* și *Materie, viață și celulă*, în care problemele generale de biologie sînt tratate de pe poziții materialiste.

Ion Cantacuzino (1863—1934) face studiile universitare la Paris și se specializează la Institutul Pasteur. A fost profesor la Universitățile Iași și București. Înființează Institutul de seruri și vaccinuri, care îi poartă numele. A elaborat o metodă proprie de vaccinare antiholerică. Concepțiile sale asupra imunității se bazează pe principii evoluționiste, imunitatea fiind considerată ca o reacție de adaptare-apărare a organismului față de influența nocivă a mediului înconjurător.

Scanned with OKEN Scanner

Paul Bujor (1862—1952) a fost profesor de morfologie animală la Iaşi. El considera că progresul real poate fi atins numai prin crearea de cadre cărora să le împărtăşim toate cunoştinţele noastre. Propagînd darwinismul spunea: „omul nu este o creaţie specială pe pămînt, ci fiinţa cea mai perfectă din scara zoologică".

Nicolae Leon (1863—1931), profesor la Universitatea din Iaşi, a fost unul dintre cei mai entuziasmaţi apărători ai darwinismului. În cursul predat studenţilor a introdus capitole întregi de darwinism, militînd pentru predarea darwinismului şi în învăţămîntul secundar.

Fig. 12. Victor Babeş.

Dimitrie Voinov (1867—1951), profesor de morfologie la Universitatea din Bucureşti, a fost unul dintre primii specialişti de microscopie celulară din România. Ca militant de seamă al darwinismului susţinea originea animală a omului, arătînd că organele rudimentare sînt cele mai puternice dovezi. Asupra originii vieţii susţinea ideea apariţiei ei din materia abiotică pe cale naturală.

Ion Atanasiu (1868—1926) s-a afirmat pe plan mondial ca un fiziolog talentat. Poziţia sa materialistă era străbătută de ideea că organismul face parte integrantă din mediul în care trăieşte şi că toate transformările se datoresc mediului, cu singura deosebire că unele specii se transformă mai repede, iar altele mai încet. Spre sfîrşitul vieţii acceptă teoria conform căreia viaţa a apărut din materia abiotică prin transformări chimice.

Grigore Antipa (1867—1944) (fig. 13) este unul dintre cei mai mari biologi români. Susţinînd teza de doctor în ştiinţe sub conducerea lui Ernst Haeckel a primit distincţia *Summa cum laudae* (1891) pe care Haeckel a acordat-o doar de trei ori în 50 de ani. Este întemeietorul hidrobiologiei româneşti; tot el a organizat după o concepţie proprie *Muzeul de istorie naturală* din Bucureşti, care îi poartă numele. S-a ocupat şi de valorificarea stufului din Delta Dunării pentru extragerea celulozei. Variaţiile erau considerate de Gr. Antipa drept o urmare a influenţei condiţiilor de mediu.

Ion Borcea (1879—1936), profesor de zoologie la Universitatea din Iaşi, a fost elevul lui P. Bujor. El este iniţiatorul Staţiunii zoologice de la Agigea. A fost un adept convins al evoluţionismului pe care l-a propagat şi dezvoltat prin cercetări ştiinţifice personale. Considera mutaţiile o urmare a influenţei mediului şi nu a unor cauze interne necunoscute. Mutaţiile, spunea I. Borcea, sînt precedate de o fază pregătitoare de acumulări care rămîn în stare latentă şi numai mani-

Fig. 13. Grigore Antipa.

Fig. 14. Emil Racoviță.

festarea noilor caractere, trecerea lor din stare latentă în stare activă se face brusc.

Emil Racoviță (1868—1947) (fig. 14) a fost cel mai strălucit biolog român din perioada 1890—1944, primul naturalist român care a participat la o expediție străină, belgiană, în Antarctica, pe vasul „Belgica", la vîrsta de 29 ani.

Emil Racoviță este întemeietorul unei noi ramuri a biologiei — *biospeologia*. Ca savant s-a remarcat prin cercetări marine cît și asupra animalelor cavernicole din peșterile aflate în Munții Apuseni. Toate operele lui sînt străbătute de convingerea transformismului. Evoluția este considerată de el ca lege generală, căreia i se supune toată lumea vie și chiar cea lipsită de viață. La baza evoluției, după E. Racoviță, stă fenomenul de variabilitate ca însușire fundamentală a materiei vii.

Școala franceză i-a imprimat o concepție evoluționistă de tip lamarckist. El acorda un rol important evoluției lente, sub acțiunea mediului extern, mutațiile fiind considerate ca excepție, cu rol minim în evoluție.

Lui Emil Racoviță îi revine un rol important în dezvoltarea învățămîntului universitar biologic de la Cluj-Napoca.

Aristide Caradja (1861—1955), deși era absolvent al Facultății de drept, devine un strălucit cunoscător al lepidopterelor, alcătuind una din cele mai mari colecții de 125 000 specii de lepidoptere.

Vorbind despre variabilitate, A. Caradja spunea că mutațiile sînt o urmare a condițiilor de mediu și că ele sînt pregătite treptat într-o perioadă de premutație.

Constantin Sandu-Aldea (1874—1927), întemeietorul geneticii și ameliorării plantelor din țara noastră, a fost profesor și director

Scanned with OKEN Scanner

la Şcoala centrală de agricultură din Herăstrău. El s-a ocupat de ameliorarea grîului şi a scris primul tratat de ameliorare de la noi intitulat *Ameliorarea plantelor agricole* (1915). A militat mult pentru ridicarea nivelului agriculturii noastre, publicînd scrisori şi sfaturi pentru plugari cu un caracter ştiinţific aplicativ.

G. K. Constantinescu (1888—1950) a pus bazele geneticii şi ameliorării animalelor în ţara noastră. Pregătirea de genetist şi-o formează şi specializează lîngă savanţi ca Erwin Baur, R. Goldschmidt Stubbe, Timofeef Ressowsky şi alţii.

Deviza profesorului G. K. Constantinescu era: „fără cunoaşterea principiilor de genetică nu se poate concepe o zootehnie avansată".

G. Ionescu-Sişeşti (1885—1968) este întemeietorul Institutului de cercetări agronomice din România (1927) în prezent Academia de ştiinţe agricole şi silvice. Ca profesor şi om de ştiinţă a studiat probleme de mare importanţă pentru agricultura României, ca fertilitatea solului, eroziunea şi salinizarea solurilor, ameliorarea plantelor, reuşind să creeze renumitul soi de grîu A-15, care s-a menţinut în cultură peste 25 de ani.

Traian Săvulescu (1889—1963), întemeietorul şcolii şi disciplinei de fitopatologie din România, a fost mulţi ani preşedinte al Academiei Române.

Lista oamenilor de ştiinţă care au contribuit la dezvoltarea biologiei în ţara noastră ar putea fi completată desigur cu multe nume, dar spaţiul limitat nu permite decît prezentarea acelora care au rezolvat probleme deosebit de importante pentru ţara noastră.

Perioada actuală de dezvoltare a biologiei în ţara noastră. Iniţiativele pline de curaj şi talent, înainte de eliberare erau îngrădite de sistemul social existent. Aşa, de exemplu, biologia generală ca disciplină de sine stătătoare înainte de anul 1944 se preda numai la Cluj-Napoca, unde fusese introdusă prin stăruinţa personalităţii lui Emil Racoviţă. După anul 1944 biologia generală este introdusă ca disciplină separată în facultăţile de biologie, în licee şi şcoli generale.

După eliberarea ţării noastre de sub jugul fascist, ştiinţele biologice, alături de celelalte ramuri ale ştiinţei, cunosc o dezvoltare continuă, fiind chemate să-şi aducă aportul la procesul de dezvoltare şi perfecţionare continuă a industriei şi agriculturii socialiste pentru ridicarea nivelului de trai al poporului nostru. Datorită restructurării învăţămîntului au apărut institute şi facultăţi de biologie în mai multe centre universitare cu secţii noi de genetică, biochimie, protecţia plantelor, biofizică etc.

Biologia generală şi genetica sînt discipline de bază pentru facultăţile de biologie, iar genetica şi ameliorarea pentru facultăţile agronomice. Dezvoltarea cu succes a ştiinţelor biologice a dus la introducerea unei noi discipline — *ecologia,* care are menirea de a înarma elevii şi studenţii cu cunoştinţele cele mai actuale despre relaţiile organismelor cu mediul înconjurător şi conservarea naturii.

În ultimul deceniu s-au desfăşurat cercetări multilaterale asupra florei şi faunei din bazinele marilor hidrocentrale, din Carpaţi şi Deltă, se duce o activitate susţinută pentru ocrotirea apelor, a păşunilor şi a terenurilor agricole.

Succese importante înregistrează învăţămîntul şi cercetarea agricolă. Industrializarea socialistă a ţării şi transformarea socialistă a agriculturii,

Scanned with OKEN Scanner

trecerea la o agricultură intensivă au pus problema formării de cadre cu o bună pregătire, în special în domeniul geneticii în care un timp s-a observat o rămînere în urmă. Această sarcină a fost rezolvată într-o perioadă scurtă. Succesele obținute în învățămîntul românesc au permis trecerea lui într-o etapă calitativ nouă, *integrarea învățămîntului cu cercetarea și producția*, studentul devenind producător de bunuri materiale și bun cunoscător al profesiunii alese.

Cercetarea științifică în domeniul biologiei este coordonată de Academia R. S. România, de Academia de științe agricole și silvice, de Academia de științe medicale, de Institutul central de biologie și de alte institute departamentale de profil.

În cadrul Academiei de științe agricole și silvice și al rețelei de cercetări din cadrul acesteia au fost create soiuri și hibrizi la majoritatea plantelor de cultură, care au produs o însemnată sporire a producției agricole din țara noastră. Introducerea hibrizilor de porumb a permis ca în prezent să se obțină o producție medie la hectar ce depășește cu peste 100% pe a anului 1938.

Cercetările de genetică aplicativă efectuate în rețeaua institutelor de specialitate, în stațiuni ori pe lîngă catedre rezolvă în prezent probleme legate de soiuri și hibrizi productivi și bogați în substanțe nutritive, cu rezistență mare față de boli, dăunători și factori de mediu nefavorabili, probleme privind introducerea în producție a grîului hibrid, crearea de rase superioare de animale etc.

Datorită cercetărilor valoroase întreprinse după anul 1949 au fost publicate lucrări prestigioase ca *Flora R. S. România*, din care au apărut 12 volume, *Fauna R. S. România*, din care au apărut peste 60 de fascicole, *Monografia uredinalelor*, *Monografia ustilaginalelor*, *Monografia porumbului*, *Ampelografia și pomologia R. S. România*, *Tratat de fitopatologie* și altele, lucrări care situează știința biologică românească la loc de frunte.

Prin noua orientare a cercetărilor de biologie, genetică și ameliorare s-a urmărit o legătură cît mai strînsă cu practica.

Programul Partidului Comunist Român de făurire a societății socialiste multilateral dezvoltate și înaintare a României spre comunism adoptat de cel de al XI-lea Congres al P.C.R. arată că cercetarea biologică trebuie orientată nu numai spre cunoașterea secretelor vieții, ale naturii, ci și spre utilizarea rezultatelor cunoașterii naturii în folosul omului; accentul principal va fi pus pe studierea multilaterală a organismului uman, a fenomenelor generate de raportul omului cu natura înconjurătoare, de condițiile vieții moderne.

Protecția mediului înconjurător a devenit o parte integrantă a dezvoltării economico-sociale a țării. Aerul, apele, solul, subsolul, pădurile, vegetația terestră și acvatică, rezervațiile și monumentele naturii sînt protejate de legea nr. 9/1973, adoptată de Marea Adunare Națională a Republicii Socialiste România. Profesorilor, în general, iar celor de biologie și agricultură în special, le revine o mare răspundere pentru respectarea prevederilor acestei legi și pentru educarea elevilor în spiritul dragostei față de natură.

Scanned with OKEN Scanner

Cercetarea agricolă va fi orientată spre producerea de noi soiuri de plante și rase de animale de înaltă productivitate, cu calități nutritive superioare.

O preocupare majoră a geneticii românești este apărarea și îmbunătățirea zestrei ereditare la om. Răspunderea față de soarta biologică a generațiilor următoare este concretizată prin interesul și sprijinul din ce în ce mai mare acordat dezvoltării geneticii umane. Înființarea laboratoarelor de genetică în mai multe unități ale Ministerului Sănătății este o dovadă a pătrunderii gîndirii și metodelor genetice în medicină. Medicina devine astfel una din marile beneficiare ale geneticii.

Oamenii de știință din țara noastră, se arată în Programul P.C.R., trebuie să-și aducă aportul la cunoașterea multilaterală a biosferei, a scoarței terestre, a cosmosului, a proceselor extraterestre și a comportării ființei umane în spațiile interplanetare. Științele biologice trebuie să răspundă prompt tuturor acestor cerințe, corespunzător celor mai înalte cuceriri pe plan mondial.

CAPITOLUL 4
DARWINISMUL

4.1. Premisele apariției operei „Originea speciilor" oglindite în realizările agriculturii

Explicația evoluției devine o tendință aproape generală în prima jumătate a secolului al XIX-lea. Realizărilor științifice, care dovedeau unitatea lumii vii, li se adaugă activitatea agricultorilor, care creau noi soiuri de plante și rase de animale.

Zootehnicianul Robert Bakewell a creat o rasă superioară de oi prin selecție și încrucișare. Contemporanii lui R. Bakewell spuneau că acesta a transformat vechea rasă într-un „butoiaș pe picioare scurte", într-o „fabrică de carne". Alți zootehniști au creat noi rase de oi specializate pentru lînă, piei, carne, iar fermierul Charles Kollings a creat renumita rasă de vite cornute *Shorthorn*, fără coarne, pornind de la vite cu coarne scurte.

Fitotehnicianul francez Hallet crează prin selecție individuală un soi de grîu, care avea pînă la 123 de boabe în spic.

Amelioratorii deveniseră atît de iscusiți încît reușeau ca în cîțiva ani să creeze o rasă de cocoși de luptă spanioli cu creastă bine dezvoltată, în 6 ani a fost creată o rasă de găini cu barbișoane etc.

În Franța se dezvolta cu succes ameliorarea plantelor în scopul creării de noi soiuri de plante.

Augustin Sagéret (1763—1851) obține soiuri noi de pomi fructiferi și descrie comportarea formelor hibride, Charles Naudin (1815—1894) este preocupat în mod deosebit de hibridarea plantelor, Louis Vilmorin (1816—1860) a reușit să creeze soiuri de sfeclă cu conținut de zahăr ridicat.

În primele decenii ale secolului al XIX-lea s-au înregistrat și încercări de a se explica procesul evoluției. Astfel, după apariția operei

Scanned with OKEN Scanner

lui Darwin „*Originea speciilor*“, Patrick Mathew, publică la 17 aprilie 1860 un articol extras dintr-o carte din 1831 „*Naval Timber and Arboriculture*“ (Cherestea navală și arboricultură), în care anticipa teoria selecției naturale pretinzînd astfel prioritate în această problemă. Ch. Darwin ca răspuns îi scrie că într-adevăr el formulase scurt și aproape complet această teorie, dar că el, Darwin, nu cunoscuse lucrarea. Mai tîrziu Ch. Darwin amintește numele lui P. Mathew în schița istorică ce precede lucrarea *Originea speciilor*.

4.2. Charles Darwin, viața și activitatea sa

Charles Darwin (fig. 15) s-a născut în orășelul Shrewsbury la 12 februarie 1809, într-o familie de medici. În perioada anilor 1825—1828 urmează cursurile de medicină de la Universitatea din Edinburg, de unde este transferat la Facultatea de teologie din Cambridge pe care o urmează pînă în anul 1831.

Fiind atras de cercetarea naturii, Ch. Darwin intră în legătură cu naturaliști de seamă din Edinburg, ca Robert Grant, John Henslow și Adam Sedgwick, care au influențat cariera lui de mai tîrziu.

La vîrsta de 18 ani (1827), Ch. Darwin a devenit membru al Societății studenților naturaliști „Plinius“ și a prezentat prima lucrare științifică, o comunicare despre biologia unui briozoar *(Flustra)* și a unei lipitori *(Pontobdella muricata)*.

Profesorul J. Henslow, văzînd în Darwin un viitor cercetător talentat, îl recomandă în 1831 pentru a însoți, ca naturalist, expediția în jurul lumii pe vasul „Beagle“, condus de căpitanul Fitz Roy, în perioada 27 decembrie 1831 — 2 octombrie 1836. Urmau a fi vizitate coastele Americii de Sud, Arhipelagul Galapagos, Oceanul Pacific, Noua Zeelandă, Australia, iar de aici, prin Oceanul Indian și Atlantic, spre Brazilia și de aci înapoi în Anglia.

La plecare Ch. Darwin avea concepții fixiste. În timpul călătoriei el studiază opera geologului Ch. Lyell, oferită de către profesorul J. Henslow, observă că acesta combătea teoria catastrofelor și trata variabilitatea speciilor sub influența condițiilor de mediu. Ch. Darwin se oprește asupra ideii că pămîntul are istoria sa de transformări, ca și natura vie, și constată că teoriile lui Ch. Lyell sînt confirmate de realitatea terenului. Astfel observă că vieţuitoarele din ţinuturile îndepărtate sînt asemănătoare cu cele din Anglia, dar se numesc altfel. Îi atrage atenția pasărea *Molothrus niger*, care ca și cucul european își depune ouăle în cuibul altor păsări. Întîlnind rozătoare asemănătoare cîrtiței își amintește despre opera lui J. B. Lamarck și își dă seama că atrofia ochilor nu-i pricinuiește animalului și deci nu poate fi considerată ca un neajuns. Toate acestea îi pun problema originii speciei.

Lîngă localitatea Punta-Alta din sudul Americii, Ch. Darwin descoperă scheletele unor animale asemănătoare cu elefanții, rinocerii și hipopotamii de astăzi. Ch. Darwin își pune întrebarea dacă nu este

Scanned with OKEN Scanner

mai firesc să acceptăm că animalele actuale provin din aceste forme fosile; astfel el începe să se îndoiască de justeţea teoriei fixităţii speciilor.

Tot în America de Sud observă urmările unei secete care avusese loc în perioada 1827—1830. Singurul loc unde animalele sălbatice se mai puteau adăpa rămăsese fluviul Parana, cu maluri abrupte. După adăpare, animalele epuizate nu mai puteau urca malurile şi mureau. Apa a luat cadavrele şi depunîndu-le a format depozite de schelete despre care Ch. Darwin spunea ironic: „Cuvier găsind aceste zăcăminte le-ar fi atribuit catastrofelor", în timp ce ele nu sînt altceva decît o urmare a unei cauze naturale.

Fig. 15. Charles Darwin.

Pe vîrful munţilor Cordilieri, Ch. Darwin observă fosile maritime pe terasele de pietriş. El ajunge la concluzia că acestea fuseseră cîndva fund de mare. Concluzia îi este confirmată de o ridicare a coastei oceanului cu 3 metri deasupra nivelului apei în urma unui cutremur, care a avut loc în timpul vizitei lui.

Punctul de cotitură în concepţia lui Ch. Darwin despre originea speciilor îl constituie constatările din arhipelagul *Galapagos*. Broasca ţestoasă — *Testudo nigra* era reprezentată în fiecare insulă prin forme deosebite. Fauna era asemănătoare cu cea din America de Sud, dar caracteristică arhipelagului, toate cele 26 specii de păsări terestre erau endemice, de exemplu speciile de sturz *(Mimus)* şi cinteze (Geopiza) erau diferite de la o insulă la alta. El îşi dă seama că speciile au o origine comună, dar izolarea geografică şi condiţiile de mediu au dus la formarea de specii diferite. De acum consideră absurdă tendinţa de a se crede că o forţă divină ar fi creat specii separate pentru fiecare insulă. Natura repetase în Galapagos în proporţii reduse şi forme simplificate fenomenul evoluţiei speciilor, iar Ch. Darwin înţelege acest proces.

În insula Sf.-Elena observă că pădurile au dispărut sub influenţa porcilor şi caprelor aduse din Europa în secolul al XVI-lea. Acestea distruseseră lăstarii tineri, nepermiţînd regenerarea pădurilor. Odată cu distrugerea pădurilor au dispărut şi o serie de moluşte ale căror galerii erau goale. Prin aceasta i se cristalizează concepţia despre relaţiile ce se stabilesc între vieţuitoare şi care pot duce la dispariţia unor specii.

Întors din călătorie în 1836, Ch. Darwin se stabileşte în orăşelul *Down* unde începe prelucrarea datelor adunate, folosindu-se şi de o corespondenţă şi un schimb bogat de material cu alţi naturalişti.

Prima schiţă a lucrării sale fundamentale *Originea speciilor* a fost redactată în 1842 în 35 de pagini, apoi în 1844 în 230 de pagini. Caracterul lui scrupulos nu îi permitea să hotărască publicarea schiţei, deşi bunii

Scanned with OKEN Scanner

lui prieteni Hooker şi Lyell insistau să facă acest lucru. Între timp tînărul naturalist Alfred Wallace, care studia flora şi fauna din arhipelagul Malaez, i-a trimis un articol intitulat: *Despre tendinţa varietăţilor de a se îndepărta indefinit de tipul iniţial,* cu rugămintea ca Darwin să-l recomande spre publicare. În articol A. Wallace formula pe scurt principiile luptei pentru existenţă şi al selecţiei, principii la care Ch. Darwin ajunsese, dar nu le publicase. Văzînd acest lucru Ch. Darwin îi scrie lui Ch. Lyell astfel: „N-am văzut o coincidenţă mai izbitoare; dacă A. Wallace ar fi avut manuscrisul schiţei mele scrise în 1842, el n-ar fi putut face un rezumat mai bun. Termenii lui sînt titlurile capitolelor mele... mă voi oferi să-l trimit la vreo revistă; astfel originalitatea mea, oricare ar putea fi ea va fi nimicită..." Datorită tactului prietenilor Ch. Lyell şi J. Hooker şi înţelegerii de care a dat dovadă A. Wallace s-a hotărît publicarea simultană a articolului lui A. Wallace şi a rezumatului teoriei lui Ch. Darwin. Opera completă *Originea speciilor* a apărut la 24 noiembrie 1859, fiind epuizată într-o singură zi.

Concepţia materialistă asupra originii speciilor a fost adîncită în cinci ediţii a operei de bază *Originea speciilor* şi alte lucrări, ca: *Variabilitatea plantelor şi animalelor în stare domestică; Originea şi selecţia sexuală; Expresia emoţiilor la om şi la animale* etc.

La convingerea că speciile, inclusiv omul, sînt produsul evoluţiei Darwin a ajuns încă în anul 1837.

4.3. Esenţa concepţiei evoluţioniste a lui Ch. Darwin

Forţa motrice a evoluţiei este constituită din acţiunea comună a trei factori de bază: *variabilitatea, ereditatea* şi *selecţia naturală.*

Procesul evoluţiei decurge diferit în funcţie de locul unde se desfăşoară. În natură, fără intervenţia omului, evoluţia se desfăşoară astfel: vieţuitoarele se înmulţesc şi apare *suprapopulaţia,* care duce la *lupta pentru mijloacele de existenţă,* supravieţuind indivizii care prezintă unele avantaje în comparaţie cu ceilalţi. Indivizii care supravieţuiesc se adaptează la noile condiţii de mediu şi prin urmare se pun bazele apariţiei de noi specii.

În condiţii de domesticire, omul reţine numai indivizii care îi satisfac mai bine cerinţele sale şi îi înmulţeşte. Înmulţirea indivizilor cu însuşiri noi duce la transformarea speciilor (fig. 16).

Variabilitatea ca factor al evoluţiei. Prin variabilitate se înţelege apariţia de modificări în cadrul indivizilor unei specii. Variabilitatea afectează toate însuşirile organismului: *morfo-anatomice* (talie, colorit, forma organelor), *fiziologice* (prolificitate, producţie, precocitate), *comportament* (viteză de deplasare, abilitate în apărare) etc. Variaţiile pot fi atît pronunţate cît şi imperceptibile ochiului neexperimentat. Aşa, de exemplu, Ch. Darwin arată că ciobanul lapon recunoaşte fiecare ren chiar după urmele lăsate în zăpadă, deşi pentru un necunoscător toţi indivizii par identici.

Condiţiile create de om animalelor domestice au mărit frecvenţa variabilităţii. Referindu-se la rasele de porumbei, Ch. Darwin arăta

Scanned with OKEN Scanner

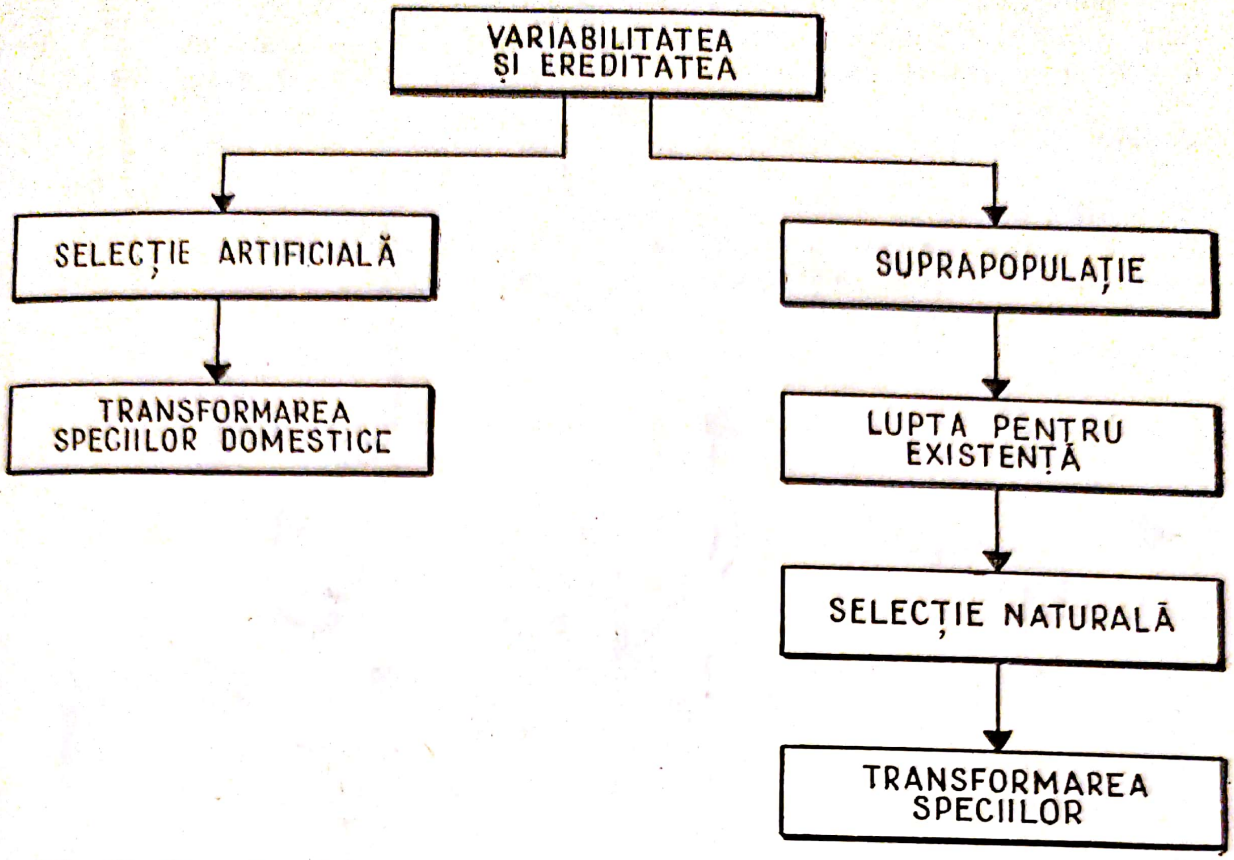


Fig. 16. Mecanismul evoluției speciilor în condiții naturale și de domesticire.

că ele se deosebesc așa de mult încît un ornitolog care nu ar cunoaște proveniența le-ar considera specii sau poate chiar genuri diferite, deși toate aceste rase provin din specia sălbatecă *Columba livia* (fig. 17). Tot atît de diferite sînt și caracterele altor rase de păsări, animale și soiuri de plante. Pe vremea aceea se cunoșteau numeroase rase de animale și soiuri de plante create prin selecție artificială.

Cauzele variabilității. Ch. Darwin menționează drept cauze ale variabilității: influența mediului, încrucișarea și exercițiul organelor, condițiile de mediu fiind considerate ca cele mai importante. El nu a reușit să renunțe în totalitate la ideea posibilității transmiterii ereditare a însușirilor dobîndite prin antrenament, considerînd antrenamentul sau lipsa acestuia ca o sursă de variabilitate. El exemplifică aceasta prin cazul observat pe insula Madeira, unde, în regiunile cu vînturi puternice, a întîlnit două feluri de coleoptere, unele cu aripi puternice, bune zburătoare, iar altele cu aripi atrofiate. Ch. Darwin considera că primele au dus o luptă continuă cu vînturile, iar ultimele au renunțat la această luptă și li s-au atrofiat aripile.

Formele variabilității. Ch. Darwin deosebește patru tipuri de variabilitate: definită, nedefinită, corelativă și prelungită, primele două fiind considerate ca principale.

Variabilitatea definită constă în modificarea în grup și în aceeași direcție a indivizilor, aflați în aceleași condiții de hrană sau mediu. De exemplu, el arată că datorită condițiilor necorespunzătoare din insulele Falklad, ceii devin mici după cîteva generații, în minele din Belgia blana

Scanned with OKEN Scanner

Fig. 17. Porumbelul sălbatic *(Columba livia)* și rasele domestice:
1 — *Columba livia; 2* — porumbel arămiu; *3* — porumbel maltez; *4* — porumbel păun; *5* — porumbel guşat; *6* — porumbel Maria Stuart; *7* — porumbel Carrier; *8* — porumbel domestic obişnuit.

lor devine asemănătoare cu a cîrtiței etc. Variațiile definite nu prezintă importanță pentru evoluție, deoarece fiind de același fel nu oferă material pentru selecție.

Variabilitatea nedefinită se manifestă prin apariția destul de frecventă a unor modificări la indivizi separați, ceea ce conferă acestora ceva în plus față de restul indivizilor din soiul sau rasa din care ei fac parte, și care au lipsit atît la părinții apropiați cît și la cei îndepărtați. El con-

Scanned with OKEN Scanner

sidera că variabilitatea nedefinită depinde în mică măsură de condiţiile de mediu şi mai mult de natura internă a organismului. Influenţa mediului în acest caz poate fi comparată cu acţiunea bruscă a frigului asupra unui grup de persoane; unele rămîn sănătoase, altora le provoacă tuse, răceli, reumatism etc., în funcţie de rezistenţa organismului. Este posibil, spunea Ch. Darwin, ca aceste particularităţi să se plămădească încă în timpul dezvoltării embrionare a organismului.

În mod convingător, Ch. Darwin compară rolul condiţiilor de mediu cu al unei scîntei care are menirea de a provoca explozia unui carburant. Puterea exploziei nu va depinde de scînteie, ci de calitatea carburantului.

Variaţiilor nedefinite li se atribuie un rol deosebit de important pentru evoluţie, deoarece oferă material variat pentru selecţie.

Deşi Ch. Darwin considera că variabilitatea se manifestă lent, fără salturi, în opera sa se întîlnesc şi exemple de modificări care au apărut brusc, pe care el le-a denumit *sports*. Aşa, de exemplu, rasa de oi Ancona (fig. 18) cu picioare scurte provine dintr-un berbec care s-a născut cu aceste însuşiri în Massachussets (America de Nord) în anul 1791. Rasa de oi merinos provine din descendenţele unui berbecuţ apărut

Fig. 18. Mutanta de oi din care prin selecţie artificială a rezultat rasa Ancona.

în anul 1828 într-o fermă din Mauchamp (Franţa), rasa de bovine Niatos din Brazilia descinde dintr-un reproducător care s-a născut cu maxilarul superior mult scurtat. Variaţiile apărute brusc sînt considerate de Ch. Darwin fără importanţă pentru evoluţie, deoarece apar foarte rar.

Aceste observaţii îl conduc la concluzia că variabilitatea este o însuşire generală a organismelor.

Variabilitatea corelativă derivă din primele două tipuri de variabilitate şi respectă legea corelaţiilor. Ch. Darwin prezintă numeroase exemple de variaţii corelative, dintre care citäm: la porumbelul guşat, care are talie mai mare, numărul şi dimensiunile vertebrelor sînt mai mari şi invers la porumbeii rotaţi cu talie mai mică; picioarele lungi sînt însoţite întotdeauna de cap lung etc.

Scanned with OKEN Scanner

Variabilitatea corelativă are o însemnătate deosebită pentru ameliorarea raselor de animale şi soiurilor de plante. În pomicultură se poate prevedea calitatea fructelor după însuşirile suprafeţei frunzelor, care se află în corelaţie cu forma florilor şi fructelor etc.

Variabilitatea prelungită constă în aceea că o modificare oarecare, odată declanşată, continuă să se manifeste în aceeaşi direcţie în următoarele generaţii, intensificîndu-se treptat. Ch. Darwin arată că raţele sălbatice, crescute în apele unui parc au pierdut treptat coloritul specific.

Exemplele prezentate demonstrează că Ch. Darwin concepea variabilitatea drept rezultat al influenţei condiţiilor modificate de mediu, care mai întîi produc noi particularităţi interne ce se exteriorizează prin fenomenul variabilităţii. În urma observaţiilor făcute el a stabilit că variabilitatea este mai accentuată la vieţuitoarele de pe o treaptă superioară a evoluţiei şi cu un areal de răspîndire mai mare, însuşirile de specie fiind mai variabile decît cele de gen, organele excesiv dezvoltate, cum sînt coarnele la elan, frunzele de varză, grăsimea la porci şi altele sînt, de asemenea, mai variabile.

Ereditatea ca factor al evoluţiei. Ch. Darwin înţelegea prin ereditate transmiterea însuşirilor de la părinţi la urmaşi. El considera transmiterea drept regulă, iar netransmiterea o anomalie. Întrucît niciodată nu se realizează o asemănare perfectă cu părinţii, la urmaşi întîlnindu-se întotdeauna şi unele deosebiri, Ch. Darwin spunea că ereditatea cuprinde în ea şi variabilitatea.

Eredităţii îi revine rolul de a fixa modificările apărute şi de a le transmite de la părinţi la descendenţi. Părinţii transmit astfel două feluri de caractere: *înnăscute* sau transmise de la părinţii lor şi *dobîndite*, adăugate sub influenţa mediului înconjurător. Ch. Darwin considera că practica domesticirii animalelor şi cultivării plantelor ar constitui o dovadă a moştenirii caracterelor dobîndite.

Ch. Darwin deosebea două forme de ereditate: simplă şi compusă.

Ereditatea simplă are loc prin înmulţirea vegetativă şi cea autogamă, cînd urmaşii moştenesc însuşirile unui singur organism.

Ereditatea compusă se manifestă în cazul înmulţirii sexuate alogame, descendenţii moştenind însuşiri de la ambii părinţi şi chiar de la multe alte forme parentale îndepărtate, dacă avem în vedere faptul că încrucişarea a avut loc în toate generaţiile înaintaşilor. Vorbind despre ereditatea compusă, el arată că în unele cazuri apar caractere ce au lipsit la părinţi, dar au fost caracteristice bunicului sau străbunicului, prin aceasta subliniindu-se existenţa unor caractere în stare latentă, pe care astăzi le numim *recesive*.

Teoria pangenezei. Preocupat de modul în care se transmit spre celulele sexuale modificările unor organe, dezvoltate prin antrenament sau atrofiate în lipsa acestuia, Ch. Darwin a enunţat o ipoteză corpusculară a eredităţii denumită *pangeneză*. El presupune existenţa unor particule ereditare submicroscopice denumite *gemule*, care vehiculînd în organism acumulează însuşirile organelor, inclusiv pe cele modificate, şi prin intermediul celulelor sexuale, în care se concentrează gemulele, transmit descendenţilor toate caracterele organismului. Teoria pangenezei, deşi

Scanned with OKEN Scanner

nu a reușit să explice esența fenomenelor de ereditate, poate fi considerată meritorie prin faptul că lega ereditatea de un substrat material.

Selecția — factor fundamental al evoluției. Ch. Darwin a ajuns la concluzia că variabilitatea și ereditatea nu pot rezolva singure problema evoluției. El căuta un alt factor care să facă ordine în variabilitatea întîmplătoare, uneori chiar nefavorabilă, un factor care să acționeze sever în decursul istoriei speciilor. Acest factor este *selecția.*

După locul și modul în care acționează, selecția poate fi artificială și naturală.

Selecția artificială. Se realizează sub influența omului, ea a început odată cu îmblînzirea primelor animale și cultivarea diferitelor plante sălbatice. Domesticind animalele și cultivînd plantele, omul întotdeauna a ales pentru înmulțire acei indivizi care îi satisfăceau mai bine cerințele sale. Desigur la început omul efectua această selecție fără un plan dinainte stabilit de a vrea ceva, deși practic activitatea lui a dus la obținerea de forme noi. Această selecție a fost denumită *selecție artificială empirică.*

Cu timpul omul a trecut la o *selecție metodică,* după un plan alcătuit în funcție de un scop precis. De la începutul secolului al XIX-lea selecția artificială a devenit o preocupare importantă a numeroși cultivatori de plante și crescători de animale care a dus și duce la crearea și la perfecționarea raselor de animale și a soiurilor de plante.

O particularitate importantă a selecției artificiale constă în aceea că omul urmărind satisfacerea cerințelor sale nu a mai ținut cont de interesul evolutiv al speciei, el a reținut pentru înmulțire indivizii productivi, cu anumite însușiri, care nu întotdeauna corespundeau cu interesul evolutiv al speciei. Aceasta a făcut ca animalele domestice și plantele cultivate, din cauza condițiilor bune de viață create de om, să-și micșoreze rezistența la condițiile de mediu, abilitatea în apărare și alte însușiri caracteristice speciilor sălbatice din care descind.

Selecția naturală. După ce a clarificat problema obținerii de forme noi în stare de domesticire, Ch. Darwin a trecut la rezolvarea unei probleme mai spinoase, *evoluția în natură,* prin intermediul selecției naturale. Teoria selecției naturale constituie de fapt fundamentul darwinismului.

Pornind de la rezultatele selecției artificiale și cunoscînd tendința de înmulțire nelimitată a organismelor, Darwin a ajuns la concluzia că un proces asemănător ar fi avut loc și în natură. Întîmplător, în anul 1828, citește broșura lui Thomas Malthus, *„Eseu asupra principiului populației“,* în care acesta încearcă să motiveze starea de mizerie a clasei muncitoare din Anglia prin înmulțirea în progresie geometrică a populației și în progresie aritmetică a mijloacelor de existență. Ch. Darwin preia ideea suprapopulației și a luptei pentru existență, luptă în care supraviețuiesc indivizii mai apți, cu însușiri superioare. El consideră că în natură are loc o luptă permanentă pentru existență, în care unele viețuitoare cad învinse, iar altele supraviețuiesc, ajungînd la concluzia că selecția naturală este rezultatul final al concurenței indivizilor în lupta pentru existență.

Suprapopulația. Acceptînd teoria lui T. Malthus, Ch. Darwin scria: „Nu există nici o excepție de la regula că fiecare organism

Scanned with OKEN Scanner

se înmulțește, în mod natural, într-o progresie atît de rapidă, încît dacă nu ar fi distrugerea, descendenții unei singure perechi ar acoperi tot pămîntul". Trecînd la calcule și exemplificări, se referă la elefant, animalul cu cea mai lentă înmulțire, care începe reproducerea la 30 de ani, are perioada de gestație 20 de luni, trăiește 100 de ani și naște în general 6 pui în toată viața. Cu toate acestea, o pereche de elefanți înmulțindu-se normal, ajunge în peste 500 de ani la 15 milioane de indivizi vii. Ch. Darwin arată că după 27 de ani de la debarcarea lui Cristofor Columb pe insula San Domingo, de la cîteva perechi de cornute s-a ajuns la 4 000—6 000 de capete.

Exemplele pot fi continuate, atît din lumea vegetală cît și din cea animală. Ch. Darwin arată că o plantă care produce numai 100 de semințe anual ar da peste 10 ani un număr de plante corespunzător cu cifra 1 urmată de 18 de zero. Un astfel de fenomen în natură nu se întîmplă. De exemplu, pelinul produce anual în jur de un milion de semințe, nisetrul depune anual circa două milioane de icre, iar batogul între zece și șaizeci de milioane de icre. Cu toate acestea numărul indivizilor din speciile citate mai sus, în general nu crește de la un an la altul. Tendința înmulțirii exagerate este barată de acțiunea mediului înconjurător și de relațiile cu alte specii.

Lupta pentru existență. Ch. Darwin ajunge la concluzia că numărul de indivizi care supraviețuiesc depinde de rezultatul luptei pentru existență, care îmbracă trei aspecte: 1. lupta cu condițiile abiotice nefavorabile; 2. lupta între indivizii aceleiași specii; 3. lupta între specii diferite.

Lupta cu condițiile abiotice are un rol important în limitarea numărului de indivizi din diferite specii. Speciile favorizate de condițiile de mediu se înmulțesc, iar cele îngrădite de aceste condiții se împuținează.

Lupta intraspecifică, adică între indivizii aceleiași specii, are rolul cel mai important și este cea mai violentă, deoarece afectează indivizi cu aceleași cerințe față de hrană și spațiu, principiul supraviețuirii „celui mai apt", „celui mai bine înzestrat" din punct de vedere morfologic și fiziologic aplicîndu-se cu multă severitate. Subliniind caracterul acerb al luptei intraspecifice Ch. Darwin adesea se referă nu la indivizii aceleiași specii, ci din specii înrudite. El arată că în Statele Unite o specie de rîndunică elimină o altă specie, în Australia albina cu ac înlocuiește pe cea indigenă, fără ac, gîndacul de bucătărie *(Blatta germanica)* elimină libarca mare *(Periplaneta orientalis)* etc. Lupta intraspecifică întărește specia prin înlăturarea indivizilor slabi, cu diferite defecțiuni ereditare și deci neadaptați.

Lupta interspecifică este un factor apreciat de Ch. Darwin ca motorul biologic al evoluției. Indivizii diferitelor specii se află într-o luptă permanentă. Omizile fluturilor cad pradă păsărilor, acestea răpitorilor mai mari etc. Lupta interspecifică afectează mai multe laturi ale speciei; pe de o parte limitează înmulțirea, pe de alta limitează extinderea teritorială, influențînd puternic ritmul de transformare a speciei etc.

În orice luptă activă dintre specii, Ch. Darwin distinge două aspecte. De exemplu, în afara luptei de distrugere a iepurilor de către vulpi are loc și o concurență separată între vulpi, pe de o parte și între iepuri, pe de alta. Diminuarea numărului de iepuri duce la modificări

Scanned with OKEN Scanner

și asupra numărului de vulpi. Vulpile vor concura între ele activ pentru acapararea prăzii și vor supraviețui numai cele cu o viteză mai mare de fugă, mai rezistente etc. Dintre iepuri vor supraviețui numai cei cu mijloace de apărare superioare ca fugă, instinct, culoare etc. Are loc astfel o concurență pasivă și între iepuri. Lupta interspecifică și intraspecifică dintre speciile amintite duce la perfecționarea concomitentă a ambelor specii.

Între speciile cu aceleași necesități lupta este mai dură, o specie elimină și înlocuiește pe alta. Pădurile preistorice din Danemarca se compuneau din plopi tremurători și mesteacăn. Modificarea climei a dus la predominarea pinului. Resturile fosile ne arată că pinul a fost eliminat apoi de stejar, iar mai tîrziu, ca și în prezent, preponderent a devenit fagul. Eliminarea unei specii de către alta se observă și în pădurile Carpaților. Sub protecția speciilor fotofile, ca pinul, mesteacănul și plopul se dezvoltă puieții de brad, care ar îngheța pe locuri dezgolite. Pe măsură ce plantele de brad își completează coroanele, plopul, mesteacănul și pinul dispar.

Exemple de eliminare a unei specii de către alta sînt foarte numeroase la animale. Astfel, șobolanul cenușiu *(Rattus norvegicus)* elimină șobolanul de casă *(Rattus rattus)*, care nu de mult era preponderent în toată Europa; șoarecele de pădure *(Mus silvaticus)* elimină șoarecele de casă *(Mus musculus)*. Iepurele de zăpadă *(Lepus timidus)* este eliminat de către *L. europeus* etc.

În cadrul luptei interspecifice Ch. Darwin evidențiază și raporturi complexe, în care soarta unei specii este dependentă de prezența altor specii subliniind astfel echilibrul biologic creat de evoluție între specii. Existența multor plante depinde de prezența insectelor polenizatoare, trifoiul fiind polenizat de către bondari etc. În America de Sud condorul, răpitor uriaș, depune doar două ouă pe an, iar struțul american — 20. Cu toate acestea, struții se întîlnesc mult mai rar. Aceasta pentru că ouăle condorului sînt depuse la loc sigur pe vîrful munților Cordilieri, iar ale struțului în cîmp deschis unde sînt ușor distruse.

În urma luptei pentru existență, sub toate aspectele ei, și în urma relațiilor ce se stabilesc între vieţuitoare sau între vieţuitoare și mediul înconjurător, are loc selecția naturală concretizată în supraviețuirea celor mai apți indivizi. În mod justificat Ch. Darwin atribuia o atenție foarte mare selecției naturale, despre care scria: „... ea lucrează în tăcere și pe nesimțite, oricînd și oriunde i se oferă prilejul, ea perfecționează fiecare organism în legătură cu condițiile sale organice și anorganice de viață..."

Selecția sexuală. La numeroase insecte, pești, amfibii, păsări și chiar la mamifere, masculii se deosebesc de femele printr-o serie de caractere sexuale secundare, cum sînt: coloritul mai viu, glande secretoare cu miros specific, pene mai bogate, sunete speciale, organe de atac etc., de care se folosesc în perioadele de reproducere.

La reni, de exemplu, luptele pentru posedarea femelei durează zile întregi, uneori sfîrșindu-se chiar cu moartea ambilor masculi. Posedarea femelei prin luptă se realizează și la unele păsări. La păsări, selecția se-

Scanned with OKEN Scanner

xuală se realizează mai mult prin atragerea femelelor de penajul sau cîntecul masculilor. Selecţia sexuală era considerată de Ch. Darwin ca o formă specială a selecţiei naturale.

4.4. Formarea speciilor în concepţia lui Ch. Darwin

Pornind de la rezultatele selecţiei artificiale, evidente în epoca sa, Ch. Darwin ajunge la concluzia că în cadrul rasei, la unii indivizi apar mici modificări, care se amplifică treptat, ducînd la formarea de noi rase, deosebite de rasa iniţială şi cu atît mai mult faţă de strămoşii lor. El enunţă astfel *principiul divergenţei caracterelor* sub influenţa condiţiilor de mediu. În natură, spune el, se petrece un fenomen asemănător. Indivizii modificaţi intră în luptă pentru existenţă atît între ei cît şi cu indivizii nemodificaţi. În urma luptei pentru existenţă supravieţuiesc numai cei adaptaţi mai bine condiţiilor de viaţă, celelalte forme mai puţin perfecţionate şi cele iniţiale fiind sortite dispariţiei. După un mare număr de generaţii formele modificate şi continuu perfecţionate devin specii noi.

Formarea noilor specii începe cu scindarea speciei iniţiale în mai multe grupe numite *varietăţi,* propunînd spre ilustrare schema divergenţei caracterelor ilustrată în figura 19, în care distanţa între două linii orizontale este considerată convenţional, etapă evolutivă egală cu 1 000 de generaţii. În acest timp, variaţiile iau o aşa amploare încît pot fi considerate varietăţi distincte. În schemă se prezintă evoluţia a 11 specii notate cu literele *A, B, C, ... L.* Distanţa dintre litere indică gradul

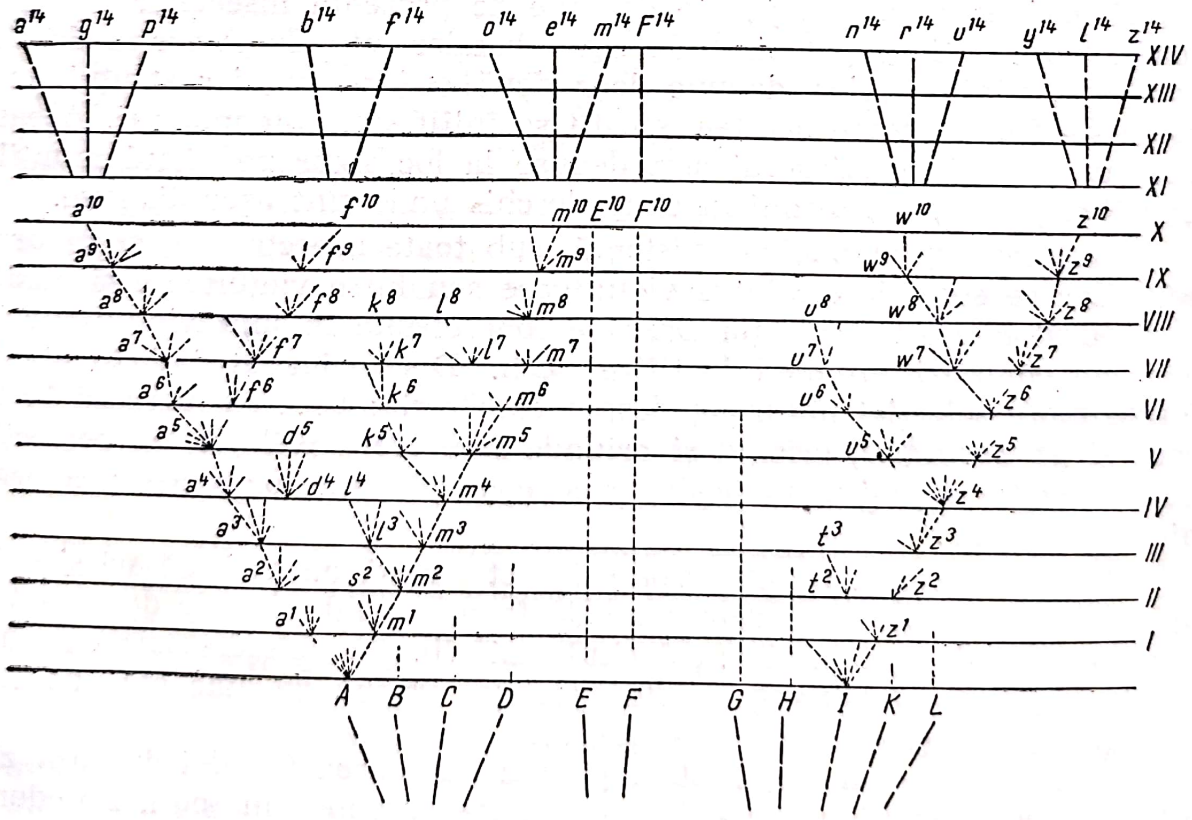


Fig. 19. Schema evoluţiei speciilor, după Ch. Darwin.

de asemănare dintre speciile inițiale ale unui gen. Speciile *D* și *E*, *F* și *G* sînt mai puțin asemănătoare între ele decît speciile *A* și *B* sau *K* și *L*.

Să urmărim evoluția speciei *A*: liniile punctate care pornesc din punctul *A* reprezintă variațiile apărute în generațiile următoare. Formele reprezentate prin liniile extreme se dovedesc superioare, peste 1 000 de generații (o etapă evolutivă), ele constituind două varietăți distincte a_1 și m_1. Varietățile continuă să-și amplifice modificările în așa fel încît peste 10 etape evolutive (10 000 de generații) ele devin *specii noi* a_{10} și m_{10}.

O evoluție asemănătoare se observă la specia inițială I, din care se formează 6 specii. Speciile *B*, *C*, *D*, *E*, *G*, *H*, *K* și *L* au dispărut în lupta pentru existență, de asemenea multe dintre varietățile celorlalte specii.

O situație deosebită prezintă specia *F*, care se menține în decursul miilor de generații. Prin acest exemplu se explică existența în prezent a multor specii mai puțin evoluate, alături de speciile noi.

Schema lui Ch. Darwin ilustrează atît formarea speciilor cît și a genurilor. Gruparea liniilor din ultima etapă sugerează clar și înrudirea genetică. Astfel, grupul de specii a_{14}, q_{14}, p_{14} vor fi atît de diferite de grupul o_{14}, e_{14}, m_{14} încît constituie, probabil două genuri sau subgenuri, care descind din aceeași specie inițială *A*.

* * *

Pentru a evidenția deosebirile dintre concepția lui J. B. Lamarck despre mecanismul evoluției și cea a lui Ch. Darwin, prezentăm mai jos următorul exemplu în privința cauzelor formării picioarelor și gîtului lung la girafă.

După J. B. Lamarck, girafa populează zonele aride din Africa lipsite de vegetație, ceea ce o obligă să facă eforturi permanente pentru a se hrăni cu frunzele copacilor. Acest efort continuu a dus la alungirea membrelor anterioare și a gîtului, încît în prezent, fără a se ridica în două picioare, girafa atinge înălțimea de 6 metri. A avut loc o modificare adecvată datorită condițiilor de mediu și efortului depus de animal. Modificările s-au transmis descendenților și s-au menținut prin înmulțire.

După Ch. Darwin, girafa este un exemplu minunat de adaptare la hrana cu frunze de pe ramuri destul de înalte. Ea este rezultatul unor modificări ce au apărut numai la o parte din indivizi. Selecția naturală a reținut în perioadele de secetă numai indivizi care erau mai înalți. A fost suficient, spune Darwin, ca la unii indivizi să apară o alungire de 2—3 cm (1 inch), pentru ca aceștia să supraviețuiască perioadele de lipsă de hrană, iar ceilalți să piară.

4.5. Succesele darwinismului. Aprecierea critică a operei lui Ch. Darwin

Deși impresiona prin modestie, politețe și respect, Ch. Darwin era destul de activ în demonstrarea justeței concepțiilor sale. Acest lucru reiese din lucrările publicate de el din diferite domenii ale biologiei.

Scanned with OKEN Scanner

Principalele lucrări ale lui Ch. Darwin sînt: *Originea speciilor, Polenizarea la orhidee, Plante agățătoare, Variabilitatea plantelor și animalelor în stare domestică, Originea omului și selecția sexuală, Expresia emoțiilor la om și la animale, Plante insectivore, Autobiografia, Polenizarea încrucișată și autopolenizarea în regnul vegetal, Flori de diferite forme la plantele aceloraşi specii* și *Încrucișările la plante.*

În opera lui Ch. Darwin se dă prima explicație clară și logică formării speciilor. Interesul față de darwinism este dovedit prin epuizarea primei ediții într-o singură zi și prin apariția ulterioară a încă 5 ediții, precum și la numeroasele traduceri publicate imediat în numeroase țări.

Darwinismul era susținut, răspîndit și completat cu o serie de noi date în Anglia de către Thomas Huxley, în America de către Asa Gray, în Rusia de către K. Timiriazev, I. Mecinikov, în Germania, unde naturalistul Ernst Haeckel a răspîndit teoria evoluției cu multă pasiune și succes, reușind chiar să o îmbogățească prin formularea *legii biogenetice Müller-Haeckel,* în care se subliniază legătura dintre ontogenie și filogenie.

În scopul răsturnării teoriei evoluționiste, oficialitatea bisericească din Anglia a organizat în anul 1860 o ședință a Asociației britanice din Oxford la care episcopul W. Wilberforce a atacat darwinismul, susținînd originea divină a omului. În locul lui Ch. Darwin, care era bolnav, au participat Thomas Huxley, Joseph Hooker și John Henslow. În răspunsul și explicațiile date, T. Huxley a adus dovezi în susținerea darwinismului determinînd un eșec total încercării de a răsturna teoria evoluției.

În Franța, unde erau adînc înrădăcinate ideile fixiste ale lui G. Cuvier, darwinismul a fost primit cu multă răceală. În Statele Unite, cel mai aprig dușman al darwinismului a fost zoologul Louis Agassiz, discipol al lui G. Cuvier. În unele state din S.U.A. opera lui Ch. Darwin *Originea speciilor* a fost interzisă prin lege. În anul 1925 profesorul J. T. Scopes a fost condamnat pentru încălcarea legii de interzicere a darwinismului. Întîmplarea se repetă în anul 1965, cînd tînăra profesoară Susan Epperson din Arkansas este implicată într-un proces asemănător. În anul 1968 Curtea Supremă a S.U.A. a declarat drept neconstituționale legile antievoluționiste existente în unele state federale din S.U.A.

În afara criticilor lui Ch. Darwin i-au fost oferite și multe onoruri: decorații, premii, medalii, titlul de membru a peste 60 de societăți științifice din toată lumea, printre care și Societatea Transilvăneană de științe naturale din Sibiu.

În țara noastră, opera lui Ch. Darwin *Originea speciilor* a fost tradusă complet în anul 1957. Cu toate acestea, ideile evoluționiste au pătruns încă de la apariția lor prin lucrările traduse în limba franceză sau germană, în special prin lucrările scrise de către E. Haeckel, prin articole apărute în revista Contemporanul, prin conferințe și discuții.

Meritul deosebit al lui Ch. Darwin constă în caracterul materialist al teoriei sale despre evoluție; pentru prima dată evoluția speciilor este explicată prin factori materiali și nu prin forțe necunoscute; a fost

Scanned with OKEN Scanner

primul care a reușit să prezinte tabloul complet al evoluției, cosecvent și convingător. Lupta pentru existență este apreciată ca forță motrice a evoluției, ea izvorînd din contradicțiile ce se stabilesc între înmulțirea exagerată a organismelor și opoziția pe care condițiile de viață biotice și abiotice o opun acestei tendințe.

Teoria lui Ch. Darwin subliniază că variabilitatea prin formele apărute diferențiază speciile, iar acestea intră în luptă pentru existență cu formele mai vechi. În cazul cînd formele noi au însușiri superioare, contradicțiile se adîncesc ducînd la dispariția celor necorespunzătoare.

În opera lui Ch. Darwin se evidențiază legătura cu practica. În formularea concluziilor sale el s-a inspirat din practica agricolă, iar teoria sa, la rîndul ei, a devenit bază teoretică pentru ameliorarea plantelor și animalelor.

Nu se poate spune, desigur, că opera lui Ch. Darwin are numai părți pozitive. El a exagerat rolul suprapopulației și al luptei pentru existență ca factori ai evoluției aplicînd principiile malthusianiste. Unii biologi îl acuză de „evoluționism plat" pentru faptul că nu a reușit să sesizeze importanța pe care o au în evoluție variațiile bruște, deși modul în care el a explicat apariția formelor noi ilustrează existența saltului în evoluție.

Nesesizînd diferențele calitative între specii și varietăți, Ch. Darwin nu a putut să formuleze o concepție clară despre specie, considerînd noțiunea de specie și varietate arbitrară. Această scădere a fost folosită de zoologul american Agassiz în criticile pe care i le aduce lui Ch. Darwin, privitor la existența reală a speciei. În realitate Ch. Darwin considera specia și varietatea ca noțiuni arbitrare în sensul evolutiv, negînd existența absolută a speciei în sensul creaționist. De aceea, el a considerat atacul lui Agassiz atît de nesemnificativ încît nici nu i-a răspuns. Referindu-se la criticile lui Agassiz, Darwin îi scria lui Asa-Gray astfel: „Sînt uimit că Agassiz nu a reușit să scrie ceva mai bun. Ce absurditate asemenea sofism: dacă speciile nu există, cum pot ele să se schimbe? Ca și cum s-ar fi îndoit cineva vreodată de existența sa temporară".

De o apreciere deosebită s-a bucurat opera lui Ch. Darwin din partea clasicilor marxism-leninismului. După apariția operei „Originea speciilor" Fr. Engels îi scria lui K. Marx: „...Darwin, pe care îl citesc tocmai acum, este admirabil. În acest domeniu teologia încă nu a fost dărîmată, iar acum aceasta s-a înfăptuit. ...Pînă în prezent încă nu a existat o încercare atît de măreață de a demonstra dezvoltarea istorică în natura vie și încă cu atît succes". Fr. Engels așeza teoria darwinistă alături de marile descoperiri ale vremii, teoria celulară și teoria conservării materiei și transformării energiei. În răspunsul său K. Marx scrie: „Această lucrare oferă o bază istorico-materială concepțiilor noastre".

Aprecieri asemănătoare face, mai tîrziu, V. I. Lenin: „Darwin a pus capăt concepției după care speciile de animale și de plante ar fi întîmplătoare, nelegate de nimic între ele, create de Dumnezeu și neschimbătoare și a așezat pentru prima oară biologia pe o bază pe deplin științifică, stabilind transformarea speciilor și succesiunea lor."

Scanned with OKEN Scanner

Teoria evoluţiei a influenţat dezvoltarea ştiinţelor biologice pe baze materialiste, noţiunea de evoluţie străbate în zilele noastre toate domeniile biologiei, unind concepţiile despre viaţă şi funcţiile organismelor.

Meritele lui Ch. Darwin nu pot fi umbrite de scăderile inerente nivelului de dezvoltare a ştiinţelor biologice de atunci. Lipsa cunoştinţelor despre ereditate a constituit obstacolul pricipal în explicarea deplină a evoluţiei. De aceea mulţi naturalişti sînt preocupaţi în continuare de explicarea mecanismelor genetice care stau la baza evoluţiei, domeniu în care ulterior s-au obţinut mari succese.

CAPITOLUL 5

TEORII DESPRE EVOLUŢIE ÎN PERIOADA POSTDARWINISTĂ

5.1. Neolamarckismul şi neodarwinismul

Deosebirile în concepţia lui J. B. Lamarck şi Ch. Darwin au dus, spre sfîrşitul secolul al XIX-lea, la apariţia mai multor curente dintre care *neolamarckismul* şi *neodarwinismul* sînt considerate ca cele mai importante. De remarcat în perioada postdarwinistă este faptul că unii dintre întemeietorii diferitelor ipoteze privind evoluţia au căutat să găsească un suport material al ereditătii care să asigure transmiterea caracterelor ereditare de la o generaţie la alta şi deci şi însuşirile apărute.

Neolamarckismul este susţinut de Herbert Spencer, care afirma că rolul principal în evoluţie revine modificării organismelor sub influenţa directă a mediului şi a exersării sau neexersării organelor. Modificările apărute sub influenţa antrenamentului, spunea H. Spencer, se transmit ereditar. Selecţia naturală, după neolamarckişti, are un rol secundar, care pe măsura evoluţiei se diminuează treptat. Curentul neolamarckist s-a dezvoltat în trei direcţii:

1. *Lamarckismul mecanic,* reduce evoluţia la adaptarea directă a organismelor la condiţiile de mediu, susţinînd transmiterea pe cale ereditară a însuşirilor dobîndite (H. Spencer). Principiul lui H. Spencer era: ori caracterele dobîndite devin ereditare, ori nu există evoluţie. Lucrarea sa principală împotriva darwinismului a fost intitulată *Insuficienţa selecţiei naturale.*

2. *Psiholamarckismul* îşi are originea în lucrările paleontologului E. Copé şi a fost susţinut de A. Wagner. Acesta explică evoluţia prin acţiunea factorilor psihici, mergînd cu exagerările pînă acolo de a considera că factorul psihic este caracteristic chiar fiecărei celule.

3. *Ortolamarckismul,* susţinut de T. Eimer, nega necesitatea selecţiei şi a variaţiilor. Evoluţia este considerată un proces orientat de legi filetice. Evoluţia este considerată drept un proces de creştere orga-

Scanned with OKEN Scanner

nică însoțită de apariția a noi însușiri ce se desfășoară într-o direcție bine determinată (ortogeneză).

Curentele neolamarckiste neputînd da evoluției o explicație științifică au alunecat spre mecanicism (Spencer) sau idealism-vitalism (Copé, Wagner, Eimer). Cauza fundamentală a acestor erori științifice constă în necunoașterea substratului material al eredității.

Teoria micelară a eredității. Botanistul german Karl Nägeli (1817—1891) a propus pentru explicarea evoluției *teoria micelară* a eredității caracterelor. El considera că organismul se compune din două categorii de plasmă: *plasma nutritivă* sau *trofoplasma* și *idioplasma.* Atît trofoplasma cît și idioplasma sînt constituite din micele filiforme care străbat celulele. Însușirile organismelor sînt concepute de K. Nägeli ca fiind predeterminate în filamentele micelelor încă de la apariția vieții pe pămînt, posedînd tendința spre perfecționare. Idioplasma speciei ar conține nu numai caracterele prezente, dar și pe cele ale speciilor ce se vor forma în viitor. Pentru a susține transmiterea pe cale ereditară a caracterelor dobîndite K. Nägeli arată că filamentele idioplasmei pot fi influențate de condițiile de mediu și de antrenament sau de lipsa antrenamentului, iar acestea influențează la rîndul lor celulele reproducătoare, selecției revenindu-i un rol secundar.

Experiențele efectuate timp de un secol au demonstrat că modificările apărute sub influența directă a mediului nu sînt ereditare.

Neodarwinismul. Teoria darwinistă propriu-zisă considera că factorul principal al evoluției îl constituie selecția naturală, pe baza variabilității nedefinite și a luptei pentru existență. Ereditatea caracterelor dobîndite era acceptată ca factor secundar al evoluției. Darwinismul propriu-zis este cunoscut și sub denumirea de *darwinism clasic.* Apărători ai acestei concepții au fost A. Wallace (pînă în anul 1880), Th. Huxley, Fritz Müller, K. Timiriazev, I. Mecinikov și alții.

Ipotezele formulate după apariția darwinismului căutau să confirme sau să infirme principiul transmiterii pe cale ereditară a caracterelor dobîndite. Deși între ele există deosebiri esențiale, aceste teorii și ipoteze au fost grupate sub denumirea de neodarwinism, care are mai multe direcții:

Curentul haeckelian. Susținut în special de Ernst Haeckel, acest curent încearcă să combine principiile darwiniste cu cele lamarckiste. Ca forță motrice a evoluției este considerată atît selecția naturală cît și adaptarea directă și transmiterea însușirilor dobîndite la urmași.

Neodarwinismul propriu-zis. A apărut în jurul anului 1885 și s-a conturat definitiv după anul 1890. Întemeietorii neodarwinismului sînt considerați August Weismann (1834—1914) și Alfred Wallace. Destul de frecvent, neodarwinismul promovat de A. Weismann a fost apreciat antidarwinist; acest punct de vedere este greșit, deoarece A. Weismann a recunoscut selecția naturală și a combătut lamarckismul mecanic susținut de H. Spencer. La publicația lui H. Spencer *Insuficiența selecției naturale* A. Weismann a răspuns cu o lucrare sub titlul de polemică *Atotputernicia selecției naturale,* în care apără darwinismul de pe pozițiile selecției naturale.

Scanned with OKEN Scanner

Alfred Wallace arată că lui A. Weismann îi aparţine meritul de a fi înlăturat convingerea în ereditatea însuşirilor dobîndite.

Neodarwinismul lui A. Weismann nu este însă lipsit de neajunsuri. El, dorind să apere darwinismul, a exagerat rolul selecţiei naturale extinzînd-o asupra elementelor intracelulare care s-ar afla în luptă pentru existenţă. Concepţiile evoluţioniste ale lui Weismann sînt formulate în *teoria plasmei germinative.*

Teoria plasmei germinative. A. Weismann, asemănător lui K. Nägeli, împărţea organismul în *germen* sau *plasmă germinativă* şi *somă* sau *corp.* A. Weismann considera că celulele germinale se izolează de cele somatice din primele stadii de dezvoltare a embrionului şi alcătuiesc baza ereditară a organismului. Celulele somatice suferă anumite transformări de specializare, funcţiunea lor reducîndu-se la protecţia şi hrănirea celulelor germinale. Celulele somatice nu pot influenţa celulele germinale. Această divizare a organismului s-a dovedit a fi necorespunzătoare realităţii.

A. Weismann căuta o explicaţie ştiinţifică asupra modului în care apar variaţiile nedefinite, descrise de Ch. Darwin. El considera că plasma germinativă se compune dintr-o ierarhie de particule ereditare omologe, localizate în nucleu, denumite: *idante, ide, determinanţi* şi *biofori,* ultimii fiind cele mai mici particule ereditare.

Primul pas al evoluţiei este condiţionat de modificarea determinanţilor, iar modificarea survine datorită alimentaţiei diferite pe care determinanţii o primesc din partea celulelor somatice. Determinanţii s-ar afla într-o luptă permanentă pentru hrană, iar cei modificaţi influenţează, la rîndul lor, părţile sau organele a căror dezvoltare o condiţionează. Într-un astfel de proces pot să apară şi determinanţi care să condiţioneze organe sau caractere noi. Organismele modificate sînt apoi supuse selecţiei naturale care reţine pe cele valoroase. A. Weismann contrar lui K. Nägeli, nu acordă plasmei germinative tendinţa spre o modificare spontană, în special într-un sens progresiv.

Variabilitatea ereditară poate să apară după A. Weismann şi în funcţie de modul cum se combină determinanţii în fecundaţie, precum şi în funcţie de finalul luptei între determinanţii omologi din zigot, luptă care duce la dominarea învingătorului.

Concepţiile lui A. Weismann au îmbogăţit teoria evoluţiei şi au contribuit la dezvoltarea geneticii prin ideea că originea modificărilor ereditare trebuie căutată în celulele germinale, fenomenul eredităţii avînd un suport material. Existenţa particulelor ereditare a fost dovedită pe deplin. Se poate adăuga că descifrarea biosintezei proteinelor la nivel molecular, sub controlul genetic al acidului dezoxiribonucleic (A.D.N.) din nucleu, a fost întrevăzută de A. Weismann, care spunea că biofo-ıul iese din nucleu în citoplasmă pentru a condiţiona caracterele celulei respective.

Teoria factorilor ereditari. Formulată în anul 1865 de către Gregor Mendel (1822—1884), teoria factorilor ereditari a fost inclusă în curentul neodarwinist, deşi autorul ei a fost adesea considerat antidarwinist. După anul 1900 teoria factorilor ereditari a constituit baza geneticii clasice. Genetistul englez W. Bateson (1861—1926) populari-

Scanned with OKEN Scanner

zînd lucrarea lui Gr. Mendel regreta că ea nu a fost cunoscută de Ch. Darwin spunînd: „Dacă lucrarea lui Gr. Mendel ar fi nimerit în mîinile lui Ch. Darwin, nu este exagerat să spunem că istoria dezvoltării filozofiei evoluționiste ar fi fost cu totul diferită față de cea ai căror martori sîntem noi."

Gr. Mendel a demonstrat prin calcul matematic și a dovedit prin experiențe că orice însușire este condiționată de particule, *factori ereditari*, provenind una de la un părinte și alta de la cel de-al doilea părinte. Unele date existente despre opera lui Gr. Mendel demonstrează că el a urmărit explicarea fenomenului de variabilitate, lucrarea lui avînd astfel o importanță deosebită pentru teoria sintetică a evoluției de astăzi. Gr. Mendel cunoștea lucrarea lui Ch. Darwin *Originea speciilor*, care se află la *Muzeul Mendelianum* din Brno, și în paginile căreia se găsesc mai multe însemnări. Intenția lui Gr. Mendel de a da o explicație științifică apariției de noi forme prin combinarea factorilor ereditari reiese din mai multe documente. De exemplu, în anul 1851—1853 Gr. Mendel, fiind student la Universitatea din Viena, este sfătuit de către profesorul de fizică F. Unger (1800—1870) „să caute în interiorul țesutului viu acele mici elemente care în combinații diferite condiționează nu numai diferitele forme ale naturii vii, dar și dezvoltarea lor". Se presupune că Gr. Mendel a formulat mai întîi ipoteza matematică a perechii de factori ereditari, urmînd ca prin experimentare să se confirme sau să se infirme așa cum se procedează în fizică și chimie. La fel, legătura dintre intenția lui Gr. Mendel de a explica evoluția și experiențele executate reiese din introducerea la lucrarea sa în care scrie: „... Desigur că se cere un oarecare curaj ca cineva să întreprindă o lucrare așa de vastă; pe de altă parte pare că aceasta este singura cale adevărată pe care, în sfîrșit, s-ar putea ajunge la soluționarea unei probleme, *care pentru istoria dezvoltării formelor organice este de o importanță nu de neglijat*" (subliniat de noi).

Toate descoperirile de la sfîrșitul secolului al XIX-lea și pînă în prezent au confirmat teoria factorilor ereditari. Ea a fost completată cu teoria mutaționistă a lui Hugo de Vries și teoria cromozomică a lui Morgan, alcătuind fundamentul teoriei sintetice a evoluției. Teoria factorilor ereditari va fi dezbătută pe larg în capitolele de genetică.

Teoria mutaționistă. A fost elaborată de Hugo de Vries (1848—1935). Acesta, asemănător lui Ch. Darwin, susține că însușirile ereditare sînt condiționate de corpusculi denumiți *pangene*, localizate în nucleul celulelor. Spre deosebire de gemulele, descrise de Ch. Darwin, pangenele nu traversează membrana celulară și nu pot vehicula în organism.

H. de Vries precizează că pangenele sînt localizate în nucleul tuturor celulelor și nu numai în cele germinale. Fiecare nucleu conține o garnitură completă de pangene pentru toate însușirile organismului, atît pentru cele care se manifestă în ontogeneză, cît și pentru cele rămase în stare latentă.

Concepțiile evoluționiste ale lui H. de Vries au fost publicate în anul 1901 într-o amplă lucrare intitulată *Teoria mutaționistă*. Spre deosebire de Ch. Darwin, el neagă ereditatea caracterelor dobîn-

Scanned with OKEN Scanner

dite; noțiunea darwinistă de variabilitate nedefinită este înlocuită cu cea de *mutație*, modificare ce apare brusc și constituie baza formării de noi specii.

H. de Vries distingea mutații care duc la variabilitate în cadrul speciei, mutații condiționate de combinarea diferită a pangenelor, asemănător literelor unui alfabet și mutații care duc la formarea de noi specii în urma divizării inegale a pangenelor.

Principiile de bază ale teoriei mutaționiste sînt următoarele: mutația apare brusc, fără forme intermediare; formele noi sînt constante, stabile; mutațiile afectează însușiri diferite, putînd fi utile sau dăunătoare; manifestarea mutației depinde de numărul indivizilor modificați; aceleași mutații pot să se repete.

Trebuie subliniat că în genetica modernă rolul mutațiilor ca sursă importantă în formarea speciilor a fost dovedit pe deplin. Lui Hugo de Vries îi aparține chiar meritul de a fi pus bazele științifice ale procesului mutagen. Unii biologi apreciază că el ar fi supraapreciat rolul mutației în evoluție, considerînd că mutația poate deveni specie, fără a trece prin sita severă a selecției naturale. Nefiind de acord cu aceste afirmații Michel Delsol, în lucrarea *Teoria sintetică a evoluției*, arată că dacă Hugo de Vries considera inițial că prin mutație se dezvăluie mecanismul evoluției, într-o lucrare ulterioară *Species and Varietes, their Origin Mutation* (Speciile și varietățile, originea lor mutaționistă) apărută în 1904, sublinia că „mutația pentru a fi eficace trebuie să fie însoțită de selecție". În prefața aceleași lucrări, H. de Vries, arăta că teoria sa nu este îndreptată împotriva ideilor lui Ch. Darwin și că el caută doar să le completeze, iar în concluzie adaugă: „selecția poate explica supraviețuirea celui mai apt, dar nu apariția celui mai apt, ceea ce realizează mutația". Din aceasta reiese că H. de Vries nu accepta selecția naturală ca factor important al evoluției, mutația fiind răspunzătoare de geneza speciilor, fapt pentru care teoria mutaționistă este considerată unilaterală și nu poate fi confundată cu evoluționismul modern.

O altă deosebire importantă dintre teoria evoluționistă a lui Ch. Darwin și cea a lui H. de Vries constă în faptul că primul considera variabilitatea ca rezultat al modificărilor lente, iar cel de-al doilea arăta că mutația corespunde unor modificări brusce.

Teoria cromozomică. Thomas Hunt Morgan (1866—1945) este considerat al doilea om de știință care după Gr. Mendel și-a adus o contribuție de seamă în dezvoltarea geneticii prin enunțarea teoriei cromozomice a eredității, în care cromozomul și genele sînt determinate ca suport material de bază al eredității.

Aportul lui T. H. Morgan este destul de mare și pentru teoria evoluției. În lucrările de genetică pură sau în paralel cu acestea, a publicat puncte de vedere și rezultate experimentale care au contribuit la enunțarea teoriei sintetice a evoluției din zilele noastre. El a îmbogățit teoria darwinistă cu date experimentale din domeniul geneticii.

T. H. Morgan s-a pronunțat pentru o terminologie precisă în biologie și genetică, în special în ceea ce privește termenul de rol „creator" al selecției față de care se cerea multă prudență pentru a nu i se

Scanned with OKEN Scanner

acorda un conţinut supranatural. T. H. Morgan sublinia că prin rol creator trebuie înţeleasă alegerea unor biotipuri cu însuşiri deosebite şi înmulţirea lor în condiţii mai bune. El arăta că selecţia nu amplifică variabilitatea, ci numai separă diferitele gene modificate.

În concepţia lui Morgan evoluţia constă în modificarea şi apariţia de noi gene, care influenţează însuşirile existente. El spunea: „Centrul de greutate nu constă atît de mult în concurenţa dintre indivizii speciei (întrucît moartea celor mai puţini adaptaţi nu duce singură la apariţia a ceva nou), cît în apariţia de noi însuşiri şi modificarea celor vechi; ele se fixează în rasă şi de ele depinde evoluţia ultimei".

Concepţiile lui T. H. Morgan au pregătit unirea cunoştinţelor de genetică cu darwinismul, ceea ce a dus la apariţia teoriei sintetice a evoluţiei.

5.2. Teoria sintetică a evoluţiei

Cercetările din diverse ramuri ale biologiei, în special cele de genetică, au adus în secolul al XX-lea noi date despre mecanismele evoluţiei. Deşi nivelul actual de cercetare este mult superior celui din secolul al XIX-lea, dovada evoluţiei nu se poate face de către o singură ştiinţă; dovezile teoriei evoluţioniste se bazează pe fapte şi observaţii din mai multe ramuri ale ştiinţelor biologice. Valabilitatea concepţiei evoluţioniste poate fi demonstrată numai grupînd cunoştinţele de zoologie, botanică, sistematică, embriologie, paleontologie şi altele.

Unii dintre biologi consideră că pentru evoluţie ar fi mai potrivit termenul de ipoteză, întrucît noi nu putem observa integral acest fenomen, deoarece el a început pe planeta noastră cu trei miliarde de ani înainte de apariţia omului. Evoluţia nu poate fi dovedită pornind de la 2—3 experienţe izolate, ci prin observaţii numeroase şi detaliate.

Teoria sintetică a evoluţiei, după cum indică şi denumirea, nu este opera unui savant şi nu coincide cu publicarea unei lucrări, cum s-a întîmplat cu majoritatea descoperirilor ştiinţifice, ci este rezultatul sintezei mai multor lucrări care au dat un nou conţinut evoluţionismului.

Prima lucrare de amploare, care a dus la fundamentarea teoriei sintetice a evoluţiei, a fost publicată în anul 1926 de către zoologul evoluţionist Serghei Sergheevici Cetverikov, de la Institutul de biologie experimentală din Moscova intitulată: *Despre cîteva momente ale procesului de evoluţie din punctul de vedere al geneticii contemporane,* lucrare ce îşi păstrează integral actualitatea şi valoarea ştiinţifică.

S. S. Cetverikov a stabilit că mutaţiile ce pot fi obţinute în laborator nu sînt creaţii artificiale, ci apariţii permanente şi spontane, proprii tuturor populaţiilor din natură şi ajunge la concluzia că în genotipul populaţiilor se acumulează gene mutante, care constituie materialul de bază pentru selecţie şi evoluţie.

În anul 1937 apare lucrarea genetistului american Th. Dobzhansky *Genetica şi originea speciilor,* în anul 1942, *Evoluţia. Sinteză modernă,* de evoluţionistul englez Julian Huxley, în 1944 *Ritmul şi modul evoluţiei* de paleontologul american G. G. Simpson şi al-

Scanned with OKEN Scanner

tele. Aceste lucrări conțin componentele teoriei sintetice unificînd principiile darwiniste cu ale geneticii, sistematicii, paleontologiei și ecologiei. Alături de lucrările amintite ar mai putea fi amintit aportul adus de germanul Bernhard Rensch, francezul G. Teissier, sovieticii N. I. Vavilov, Timofeeff-Ressowsky, N. P. Dubinin și alții.

Teoria sintetică a evoluției se înscrie în contextul teoriei darwiniste, fapt pentru care G. Simpson i-a atribuit și denumirea de *postneodarwinism*.

O importanță deosebită pentru formularea teoriei sintetice a evoluției au avut succesele geneticii, care a stabilit pe cale experimentală că multe dintre speciile existente sînt rezultatul mutațiilor genice apărute în decursul mileniilor, al modificării numărului de cromozomi la speciile inițiale, al hibridării între diferite specii, urmată de dublarea numărului de cromozomi etc.

După anul 1920 genetistul suedez A. Müntzing a enunțat ideea reconstituirii drumului evolutiv al unor specii prin sinteza lor pe cale experimentală, ceea ce s-a realizat pentru mai multe specii de natură alopoliploidă. A. Müntzing a reconstituit experimental specia *Galeopsis tetrahit* ($2n=32$) prin încrucișarea speciilor *G. pubescens* ($2n=16$) și *G. speciosa* ($2n=16$) urmată de dublarea numărului de cromozomi la hibridul interspecific. Prin aceleași metode genetice au fost reconstituite mai multe specii stabilindu-se drumul lor evolutiv.

Teoria sintetică a evoluției este întemeiată, astfel, pe următoarele principii:

1. *Selecția naturală este factorul principal, factor și mecanism al evoluției:*

2. *Evoluția este produsul întîmplării, deși nu se desfășoară la întîmplare; evoluția nu este predeterminată, dar are un sens, o direcție, fără a fi dirijată.* Acest principiu se bazează pe constatarea că mutațiile apar sub influența mediului înconjurător, iar reacția mutației este diferită, întîmplătoare, majoritatea mutațiilor fiind neadecvate condițiilor de mediu care au provocat-o.

3. *Evoluția „alege" din multiplele forme apărute pe cele adecvate mediului concret în care există specia.* Din aceasta reiese că teoria sintetică recunoaște rolul important al mediului ambiant, atribuindu-i rolul de filtru al mutațiilor.

4. *Teoria sintetică neagă salturile explozive, macromutațiile de amploare,* în urma cărora viețuitoarele s-ar schimba radical, fără o pregătire istorică. Apariția încrengăturilor este explicată în sensul darwinist prin acumulări lente pe bază de mutații și selecție. Mutațiile mici acumulate duc la o structură calitativ nouă cu efect deosebit față de cea veche.

Teoria sintetică a evoluției arată că aceiași factori care acționează în prezent asupra populațiilor și modelează structura speciilor au operat și în trecutul geologic, condiționînd apariția amfibienilor din pești în devonian, a reptilelor din amfibieni în carbonifer, iar din acestea păsările în jurasic și mamiferele în triasic.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 6

MATERIA VIE

Materia vie alcătuiește învelișul organic al Terrei denumit *biosfera* (alături de litosferă, hidrosferă și atmosferă), compus din mii și mii de specii de organisme monocelulare și pluricelulare, de la bacterii și alge pînă la plantele superioare și de la protozoare pînă la om.

Deși evoluția a diversificat lumea vie și a creat deosebiri esențiale între specii, înrudirea dintre speciile inferioare și cele superioare este stabilită astăzi în mod științific, cunoscîndu-se și ordinea apariției viețuitoarelor pe suprafața pămîntului.

Evoluția demonstrează că speciile actuale nu au rezultat din speciile inferioare care trăiesc în prezent, ci provin din strămoși comuni, care au dispărut în decursul mileniilor. Procesul continuă, unele specii sînt pe cale de dispariție, iar altele abia încep să se contureze.

Bourul *(Bos primigenius)*, cel mai vechi animal contemporan, încă numeros pe vremea lui Iulius Cezar, acum a dispărut; bizonul european *(Bison bonasus)*, care avea un areal întins pe o zonă vastă din Kaucaz pînă în Franța și Belgia, a dispărut ca și bourul de la vest spre est, paralel cu defrișarea pădurilor. Tot în Europa sînt pe cale de dispariție capra alpină *(Capra ibex)*, aquilele și altele, iar pe continentul american condorul din California (S.U.A.), cocorul alb american etc. Alte specii sînt acum în formare; de exemplu, în țara noastră, în munții Retezat sînt în formare o serie de specii din genul *Hieracium*.

Deși speciile care alcătuiesc lumea vie se deosebesc între ele prin numeroase însușiri, există o serie de asemănări care dovedesc originea lor comună. Plantele se dezvoltă din semințe, animalele din ouă sau se nasc, ambele au nevoie de aer, apă, lumină, se hrănesc, ajung la maturitate, se înmulțesc și mor. La aceste asemănări, ușor observabile, care unesc viețuitoarele sub denumirea de lumea vie se adaugă structura celulară, unică pentru toate viețuitoarele, procesele fiziologice și genetice din cadrul celulei.

Materia vie a fost considerată de idealiști ca ceva diametral opus materiei nevii. Cercetările științifice au stabilit că între materia anorganică și cea vie există o unitate generată de compoziția chimică, de unele forme de mișcare și altele.

Compoziția chimică și *structura atomică* constituie baza unității materiei vii și nevii. Din cele 104 elemente chimice cunoscute, peste 60 au fost determinate în materia vie. În cantități extrem de mici este evident ca și alte elemente din cele existente în natură să fie decelate în organismele vii.

Deosebirile dintre materia vie și anorganică sînt condiționate între altele și de modul în care sînt asociați atomii și moleculele, de interacțiunea acestora.

Organismele vii sînt incluse în circuitul energetic general al sistemului solar *(unitatea energetică)*. Sinteza compușilor organici în organismul viu se realizează cu ajutorul energiei solare. Plantele verzi transformă energia solară în energie chimică, iar aceasta constituie baza

Scanned with OKEN Scanner

energetică a vieții. Legea conservării masei și energiei acționează în aceeași măsură în materia vie și nevie.

În materia vie, pe lîngă reacțiile chimice simple, comune atît materiei vii cît și celei anorganice, au loc și reacții chimice specifice, cunoscute sub denumirea de *reacții enzimatice,* care decurg numai în prezența catalizatorilor biologici — enzimele.

Reacțiile chimice „comune" pot decurge nemodificat sau sînt modificate de particularitățile mediului, care limitează cantitatea de compuși și concentrația acestora.

În ansamblu, reacția chimică va fi modificată, posedînd unele particularități în ceea ce privește desfășurarea ei, particularități imprimate de specificul biologic. Bineînțeles, în celulă au loc și reacții chimice care se desfășoară normal, nefiind influențate de ambianța biologică. Acestea sînt reacții chimice elementare ca, de exemplu, reacția dintre acidul carbonic și carbonatul acid de sodiu, care are loc în serul sanguin și asigură menținerea echilibrului acido-bazic.

În urma desfășurării reacțiilor chimice specifice sau nespecifice, în interiorul celulei și la nivelul extracelular se produc modificări de compoziție chimică, însoțite totodată de schimbări de concentrație a diferitelor componente chimice și drept urmare acestea determină deplasări de substanțe, ceea ce în ultimă instanță se traduce prin mișcare fizică. Unitatea mecanică, fizică și chimică întîlnită în organismul viu a fost definită de Fr. Engels ca unitate care întrunește într-un singur tot mecanica, fizica și chimia sau *trinitatea inseparabilă a materiei vii.*

6.1. Compoziția chimică, însușirile fizice și particularitățile materiei vii

Celula vie este unitatea structurală a materiei vii și se caracterizează printr-o activitate chimică foarte complexă. În celulă se pot desfășura simultan mii de reacții chimice, care stau la baza vieții. Compoziția chimică a celor mai diferite celule este asemănătoare, constituind o dovadă în plus a unității lumii vii și a originii comune a celulelor. Proporțiile dintre elementele chimice care alcătuiesc materia vie diferă de cele din materia nevie și chiar în funcție de specie, organ și vîrstă.

Principalele elemente chimice care se întîlnesc frecvent în organismele vii sînt următoarele: *metaloizi* (în ordinea din sistemul periodic) — hidrogen, bor, carbon, azot, oxigen, fluor, siliciu, fosfor, sulf, clor, arsen, brom și iod; *metale* — sodiu, magneziu, aluminiu, potasiu, calciu, titan, vanadiu, mangan, fier, cobalt, nichel, cupru, zinc, galiu, molibden, staniu și plumb.

În cantități foarte mici, decelabile numai prin analiză spectrală, se mai pot găsi întîmplător și alte elemente, ca, de exemplu, litiu, crom, rubidiu, stronțiu, argint, cesiu, bariu și altele.

Elementele chimice întîlnite în compoziția chimică a materiei vii se numesc *elemente biogene.* Elementele biogene care se găsesc în mod constant și în proporții mari în structura materiei vii constituie *elemen-*

Scanned with OKEN Scanner

tele biogene plastice. Acestea sînt în număr de 14: C. H, O, Ca, N, K, Si, P, Mg, S, Cl, Na, Al și Fe. Dintre ele O, C, H și N alcătuiesc peste 95% din masa materiei vii, fapt pentru care se numesc *elemente biogene fundamentale* (tab. 1).

Tabelul 1

Cantitatea în care se găsesc elementele chimice în celula vie

Elementul	Cantitatea în %	Elementul	Cantitatea în %
Oxigen	65—75	Magneziu	0,02—0,03
Carbon	15—18	Sodiu	0,02—0,03
Hidrogen	8—10	Calciu	0,04—2,00
Azot	1,5—3,0	Fier	0,01—0,015
Potasiu	0,15—0,4	Zinc	0,0003
Sulf	0,15—0,2	Cupru	0,0002
Fosfor	0,20—1,00	Iod	0,0001
Clor	0,05—0,10	Fluor	0,0001

După cantitatea întîlnită în materia vie, elementele chimice se mai împart în: *macroelemente,* cum sînt: P, S, Cl, K, Si, Mg, Al, Fe — găsindu-se în concentrații de ordinul zecimilor sau sutimilor de procent; *microelemente,* avînd concentrații de miimi sau zecimi de miimi — Zn, Cu, I, F; *ultramicroelemente,* cu concentrație de ordinul milionimilor de procent — Hg, Au, Ra și altele. Importanța elementelor chimice nu se apreciază după concentrația lor în materia vie, ci după măsura în care ele participă în metabolism.

În organism elementele chimice se găsesc sub formă de combinații complexe, specifice numai materiei vii. Compușii organici și anorganici care intră în compoziția materiei vii pot fi împărțiți după funcțiunile lor în: *substanțe de constituție și funcționale,* ce servesc la alcătuirea materiei vii și la furnizarea de energie; *biocatalizatori* (enzime, hormoni, vitamine), care facilitează și ordonează reacțiile metabolice; *electroliți,* care influențează starea coloidală și permit reglarea mecanismelor biochimice.

Substanțele de constituție și funcționale. Masa fundamentală a materiei vii o formează compușii organici, specifici organismelor vii: protide, acizi nucleici, lipide, glucide și altele (tab. 2).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 2

Compușii chimici ai materiei vii

Compuși chimici	Conținutul în %	Compuși chimici	Conținutul în %
Apă	70—85	Acizi nucleici	1—2
Proteine	10—20	ATP și alți compuși organici cu masă moleculară mică	0,1—0,5
Lipide (grăsimi)	1—5		
Glucide (hidrați de carbon)	0,2—2,0	Compuși anorganici	1,0—1,5

Protidele. Așa cum indică și denumirea (*protos* în limba greacă înseamnă important, primul), protidelor le revine rolul cel mai important în structura materiei vii. Ele sînt molecule complexe alcătuite dintr-un număr foarte mare de molecule elementare.

Dintre compușii organici cunoscuți, protidele sînt substanțele cele mai complexe, iar greutatea lor moleculară oscilează de la circa 17 000 pînă la peste 1,5 milioane (la proteinele întîlnite în mușchii șoarecilor). Dintre protide, polipeptidele (întîlnite mai ales în organismele animale) sînt compuși macromoleculari ai căror constituenți elementari sînt aminoacizii. Un aminoacid este alcătuit dintr-un radical organic (R) cu două grupări funcționale active: grupa NH_2 (amino) bazică și grupa COOH (carboxil) acidă. Cei 20 de aminoacizi de bază care intră în structura proteinelor diferă între ei după natura radicalului R.

Aminoacizii se leagă între ei prin legături peptidice, care rezultă prin eliminarea unei molecule de apă între hidroxilul grupării carboxil al unui aminoacid și un atom de hidrogen al grupei amino al unui alt aminoacid (fig. 20).

Aminoacizii care intră în compoziția moleculelor proteice își păstrează catenele laterale libere și, în cazul în care acestea au grupe funcționale active capabile de reacții specifice, permite combinarea proteinelor cu diferite substanțe ceea ce creează posibilități chimice excepționale pe care nu le posedă alte substanțe. Unele proteine au rol plastic participînd la structura celulei, iar altele, intrînd în compoziția enzimelor, îndeplinesc funcții catalitice specifice.

Acizii nucleici. Denumirea provine de la *nucleus* = nucleu, indicînd locul unde au fost descoperiți în celulă. Ca și proteinele, acizii nucleici sînt prezenți în toate sistemele vii, inclusiv în virusuri.

Acizii nucleici sînt compuși macromoleculari alcătuiți din nucleotide care la rîndul lor se compun dintr-o bază azotată, un zahăr și acid fosforic (fig. 21). După natura zahărului, care poate fi *dezoxiriboza* sau *riboza,* acizii nucleici se împart în acid *dezoxiribonucleic* (ADN) și *ribonucleic* (ARN). Bazele azotate care participă la formarea acestor compuși importanți sînt *adenina, guanina, timina* și *citozina* pentru ADN, iar la ARN baza azotată *timina* este înlocuită cu *uracilul.*

Scanned with OKEN Scanner

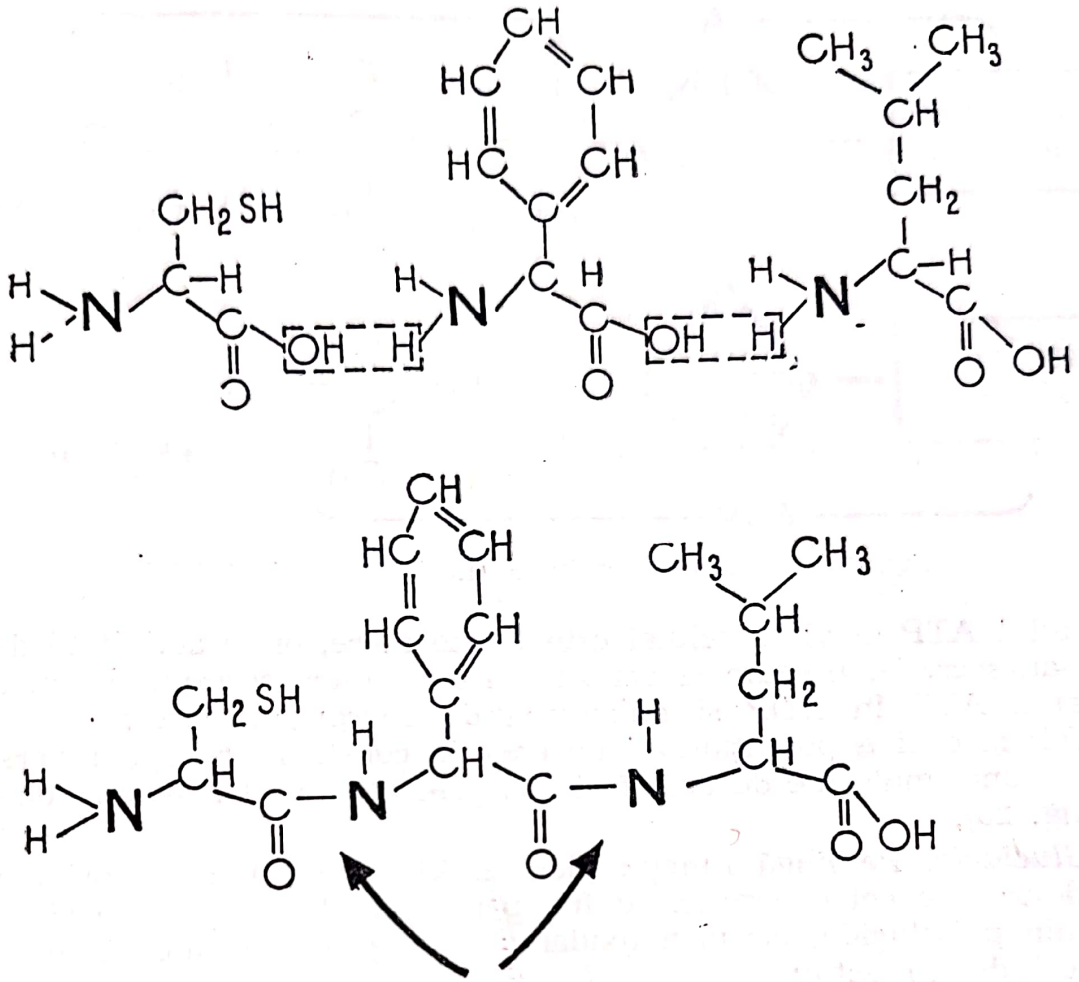


Fig. 20. Formarea moleculelor de proteine prin reacţii peptidice.

În celulă, acizii nucleici sînt conjugaţi cu proteine, alcătuind macromolecule denumite *nucleoproteide*.

Rolul acizilor nucleici este de o deosebită importanţă, deoarece sub controlul acestora se realizează atît biosinteza proteinelor cît şi transmiterea caracterelor ereditare.

Acidul adenozintrifosforic (ATP). Este un acid prezent în toate celulele, o cantitate mai mare întîlnindu-se în muşchii scheletului. Din punct de vedere chimic este un nucleotid, conţinînd o bază azotată (adenina), riboză şi trei molecule de acid fosforic (fig. 22).

O particularitate esenţială a moleculei de acid adenozintrifosforic o reprezintă efectul energetic deosebit care însoţeşte eliberarea unei molecule de acid fosforic (sau de acid pirofosforic), prin hidroliză (sau reacţii enzimice). Astfel, eliberarea unei molecule de acid fosforic şi formarea unei molecule de *acid adenozindifosforic* (ADP) este însoţită de eliberarea a 8,5 Kcal/mol. Datorită efectului energetic deosebit care însoţeşte desfacerea legăturilor P—O, aceste legături se numesc legături *macroergice*, iar pentru a indica acest lucru ele se notează în formule cu semnul ∞.

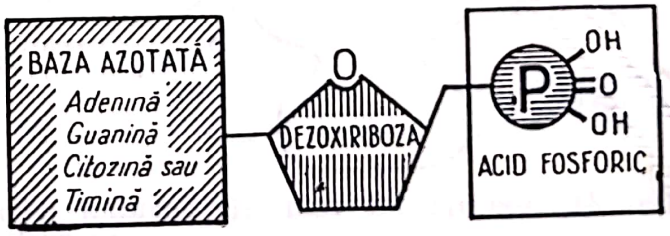


Fig. 21. Structura nucleotidelor.

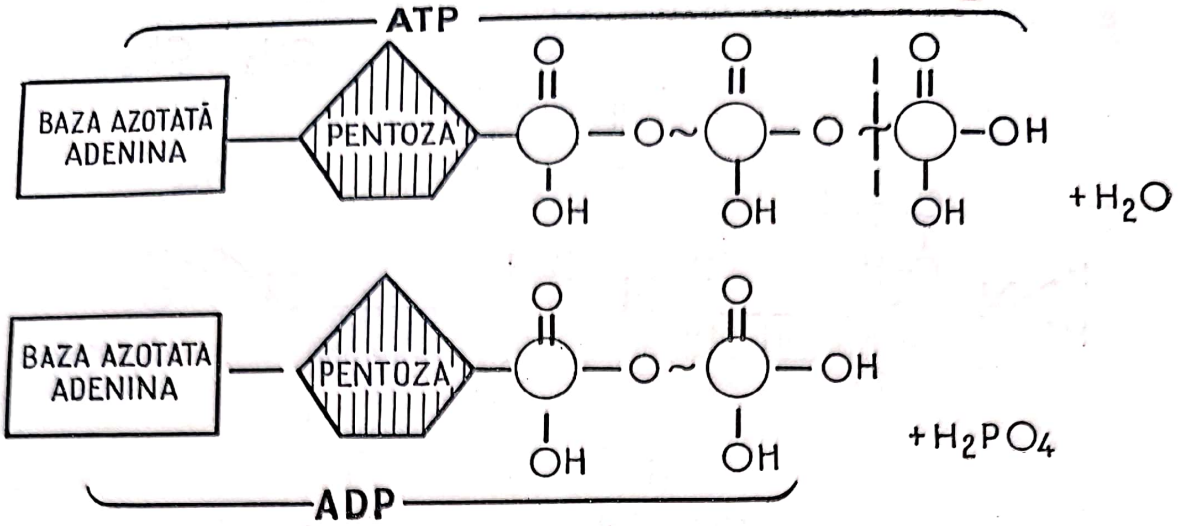


Fig. 22. Structura acidului adenozintrifosforic (ATP).

Rolul ATP în viața celulei este foarte mare, orice activitate de sinteză sau secreție, precum și activitatea mușchilor, corespunde cu transformarea ATP în ADP și eliberarea de energie. Refacerea moleculei de ATP și deci a potențialului de energie constă în reacția inversă, de unire a unei molecule de acid fosforic, prin consumul respectiv de energie (fig. 23).

Glucidele. Pe lîngă funcția plastică (structurală), rolul principal al glucidelor este cel energetic. Astfel, pereții celulelor vegetale sînt alcătuiți din poliglucide, iar prin oxidarea unui gram de glucoză se produc 4,2 Kcal, după reacția:

$$C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \longrightarrow 6H_2O + 6CO_2 + \text{energie}$$

Lipidele. Sînt substanțe care îndeplinesc funcții complexe, rolul lor principal fiind, de asemenea, cel energetic. Astfel, un gram de gră-

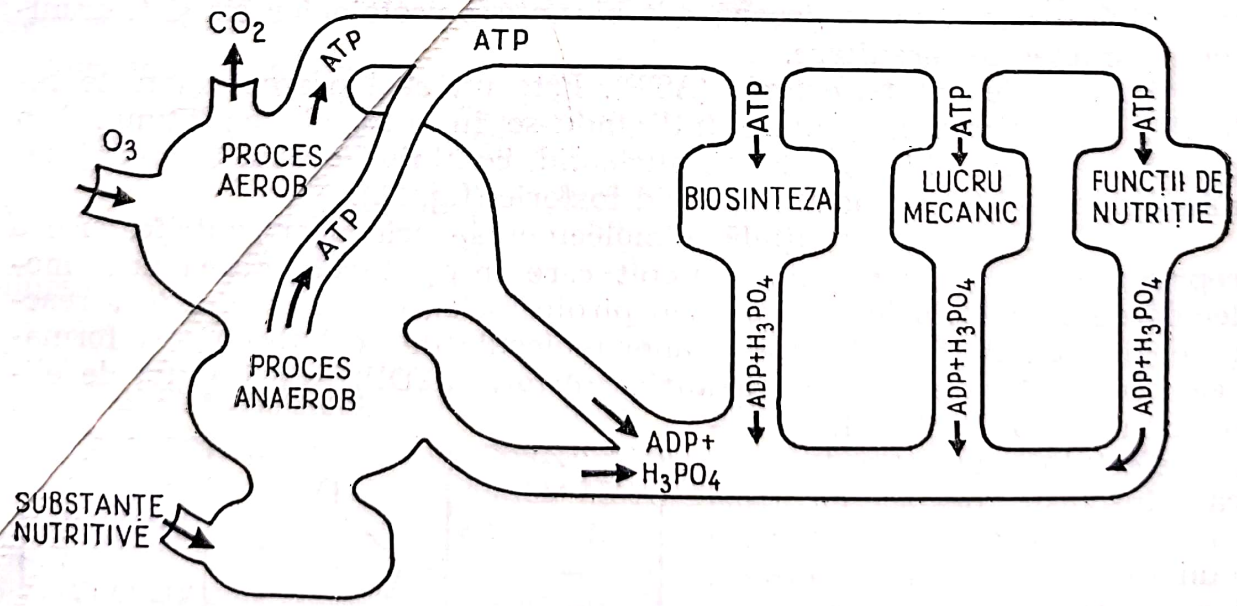


Fig. 23. Mecanismul refacerii acidului adenozintrifosforic în procesul metabolic energetic.

Scanned with OKEN Scanner

sime, descompus prin oxidare, eliberează 9,3 Kcal., de două ori mai mult decît un gram de glucoză.

Biocatalizatorii (fermenţii, hormonii şi vitaminele). Sînt compuşi organici care controlează desfăşurarea tuturor reacţiilor metabolice din organism, ca: respiraţia, creşterea, contracţia musculară, fotosinteza, digestia şi altele.

Apa. O mare pondere din conţinutul celulei revine apei (la meduze conţinutul în apă ajunge pînă la 98%). Rolul apei în viaţa celulei este deosebit de important, încît fără apă viaţa nu este posibilă. Apa determină starea fizică a celulei, volumul, elasticitatea ei, precum şi alte însuşiri. Apa are o mare importanţă ca solvent pentru multe substanţe chimice şi toate procesele fizico-chimice şi fiziologice din celule se produc numai în mediu apos.

Sărurile minerale. Un rol destul de important în reglarea proceselor de difuziune, permeabilitate celulară, hidratare coloidală şi vîscozitate, revine sărurilor minerale, dintre care cele mai frecvente sînt clorurile, fosfaţii şi carbonaţii de Ca, K, Na şi Mg. Sărurile minerale participă în structura enzimelor şi a hormonilor, avînd şi rol catalitic.

Însuşirile fizice ale materiei vii. Din punct de vedere fizic materia vie este un sistem coloidal heterogen, care variază în funcţie de părţile din care este constituită, de temperatură, de *p*H şi altele. Soluţia coloidală se poate prezenta sub formă fluidă de *sol* sau semisolidă — *gel*, cu aspect asemănător piftiei. Gelatina în apă fierbinte formează un sol, iar după răcire se formează un gel. Gelul se produce în urma unirii macromoleculelor prin legături chimice slabe. În sol particulele sînt înconjurate de apă, în timp ce în gel apa este cuprinsă în reţeaua particulelor constitutive. Materia vie, de regulă, se prezintă în stare de gel, formînd substanţa fundamentală a celulei — *hialoplasma*. În cadrul hialoplasmei apa prezintă mediul de dispersie pentru toate componentele. Starea coloidală din celulă prezintă baza fizică pentru diferitele procese biologice care se desfăşoară în materia vie.

Complexitatea materiei vii este determinată de varietatea moleculelor din care este alcătuită, care pot fi substanţe simple, ca apa şi sărurile minerale, molecule mici, ca hexozele, aminoacizii şi grăsimile şi macromolecule, ca poliglucidele, polipeptidele, acizii nucleici, enzimele şi altele.

O însuşire fizico-chimică de mare importanţă a materiei vii este şi arhitectura ei foarte complexă, care permite desfăşurarea simultană a mai multor procese fizice şi chimice, care nu se interferează sau interferează puţin.

Vîscozitatea materiei vii este mai mare decît a apei, iar în celulele animale mai ridicată decît la plante. De asemenea, indicele de refracţie şi greutatea specifică sînt mai mari decît ale apei.

În funcţie de specie, *p*H-ul este diferit, lucru foarte important, aceasta variază chiar în cadrul aceleiaşi celule, citoplasma avînd reacţie alcalină, iar nucleul caracteristici acide.

Din însuşirile prezentate reiese că, din punct de vedere al stării fizice, materia vie se deosebeşte de cea anorganică în primul rînd printr-o organizare mult mai complexă care, de fapt, pare a fi condiţia de bază a vieţii.

Scanned with OKEN Scanner

Particularităţile materiei vii. Nivelul superior de organizare a moleculelor simple în molecule complexe şi organizarea deosebită în sisteme vii au dus la apariţia unor funcţii noi, proprii numai materiei vii. Principalele particularităţi ale materiei vii sînt: metabolismul, autoreproducerea, dezvoltarea, excitabilitatea şi adaptabilitatea.

Metabolismul este însuşire de bază a organismelor. Prin metabolism se înţelege totalitatea schimburilor de substanţă şi energie ce au loc între organisme şi mediul înconjurător, cît şi în interiorul organismelor vii. Metabolismul se compune din două procese simultane, strîns legate unul de altul, şi anume asimilaţia (anabolismul) şi dezasimilaţia (catabolismul).

Asimilaţia este un proces de sinteză, prin care diferitele substanţe primite de organism din afară se transformă în substanţe identice cu ale organismului. Noile substanţe servesc la înlocuirea pierderilor rezultate prin funcţionarea organismului şi la creştere, precum şi la depozitarea sub formă de rezervă.

Dezasimilaţia este procesul de dezagregare a substanţelor asimilate, eliberînd totodată energia acumulată în ele şi necesară acum pentru întreţinerea proceselor vitale ale organismelor.

Asimilaţia şi dezasimilaţia au loc în organism în mod continuu şi într-o succesiune bine determinată. Succesiunea şi direcţia reacţiilor sînt determinate de enzime, fermenţi etc. Procesele metabolice sînt specifice numai materiei vii. Ele se desfăşoară în fiecare organism într-un mod specific. Reacţiile metabolice se produc în organism la presiune şi temperatură normală, în timp ce în laborator pot fi realizate numai în condiţiuni de presiune şi temperatură înaltă.

După modul în care vieţuitoarele îşi procură substanţele organice necesare nutriţiei, ele se împart în două mari categorii: autotrofe şi heterotrofe.

Autotrofele sînt capabile să-şi sintetizeze singure substanţe organice din substanţele anorganice. Autotrofia este caracteristică plantelor care pot sintetiza substanţe organice complexe din substanţe anorganice. Sinteza se face pe două căi — prin *fotosinteză* la plantele verzi şi *chimiosinteză* la plantele lipsite de clorofilă.

Heterotrofia este specifică animalelor, precum şi plantelor saprofite şi parazite, care nu sînt capabile să-şi sintetizeze substanţe organice necesare nutriţiei. Heterotrofele au nevoie de o sursă permanentă de hrană din afară.

Autoreproducerea este mecanismul prin care se asigură continuitatea materiei vii, o continuitate structurală şi funcţională, pe cît se poate identică cu cea a vechiului sistem.

Creşterea este o caracteristică a materiei vii, care decurge din însuşirea de bază, din metabolism. Metabolismul transformă diferitele substanţe în substanţe identice cu cele din care este format organismul respectiv, care astfel creşte, adică îşi măreşte dimensiunile.

Dezvoltarea este un fenomen compus din trepte calitative diferite pe care le parcurg vieţuitoarele pentru a putea ajunge la maturitate şi reproducere. La plante se cunosc mai multe trepte de dezvoltare, ca: germinaţia, răsăritul, înfloritul, fecundaţia, fructificarea etc.

Scanned with OKEN Scanner

Excitabilitatea este proprietatea sistemelor vii de a reacționa la acțiunea factorilor externi. Excitabilitatea este un fenomen reversibil, adică viețuitoarele revin la vechea stare în urma încetării acțiunii excitantului.

Adaptabilitatea este proprietatea materiei vii de a-și modifica structura și comportarea, în funcție de condițiile oferite de mediul înconjurător. Această însușire asigură supraviețuirea în condiții mai puțin favorabile speciei.

Teoria biostructurală. În anul 1958, biochimistul român Eugen Macovschi a enunțat o idee originală la care a ajuns în urma unei activități îndelungate. El considera că protoplasma celulelor vii este un ansamblu format din două feluri de materie, și anume: *din materie biostructurată,* deosebită ca natură, structură și însușiri de materia nevie obișnuită și *din materie nevie,* cu alcătuire moleculară.

Continuînd experiențele, E. Macovschi a formulat *teoria biostructurală,* în care subliniază că materia biostructurată se deosebește profund și calitativ de materia moleculară nevie, obișnuită. El arată că moleculele anumitor substanțe, devenind componente ale materiei biostructurate, își modifică starea, capătă însușiri noi și exercită funcții pe care nu le au cînd se află ca molecule în afara materiei biostructurate. Biostructura se destramă odată cu moartea organismelor.

După teoria biostructurală tainele vieții pot fi descoperite prin studii aprofundate asupra biostructurii materiei și aceasta în cît mai multe condiții experimentale.

Teoria biostructurală, deși nu rezolvă încă problema esenței materiei vii, angajează noi cercetări care vor contribui la elucidarea acestei probleme atît de interesante.

6.2. Organizarea materiei vii

Realizările științifice din secolul nostru în domeniul biologiei, al fizicii, chimiei și chiar al mecanicii și matematicii au favorizat cunoașterea din ce în ce mai profundă a materiei vii. Pentru aprofundarea și sintetizarea numeroaselor cunoștințe despre materia vie era necesară elaborarea unei teorii care să abordeze lumea de la cele mai mici particule chimice cunoscute și pînă la cele mai mari galaxii nu ca niște conglomerate întîmplătoare de obiecte și fenomene ci ca sisteme alcătuite din părți aflate în interacțiune. Noua orientare îi revine naturalistului Ludwig von Bertalanffi care a formulat *teoria generală a sistemelor.*

Noțiunea de sistem, după Bertalanffi, exprimă un ansamblu de elemente și fenomene aflate în interacțiune. Concepția lui L. Bertalanffi este opusă mecanicismului care dă o interpretare analitică sumativă organismelor vii, ignorînd rolul interrelațiilor dintre părți ca generatoare a ceea ce este specific întregului.

Din punct de vedere științific, între *integral* și *sumativ* există o deosebire evidentă. Adunînd nisipul într-o grămadă realizăm un sistem sumativ, care nu se comportă ca un întreg și care nu posedă integralitate. Firele de nisip își păstrează individualitatea și calitatea atît în grămadă cît și separat. Dacă luăm spre comparație o moleculă, care repre-

Scanned with OKEN Scanner

zintă un sistem integral, după însușirile acesteia ne dăm seama că ea se deosebește fundamental de părțile componente și cu atît mai mult de grămada de nisip, în primul rînd prin integralitate. Fiecare parte a moleculei, fiecare atom își pierde în cadrul moleculei însușirile avute anterior. Toate sistemele biologice sînt sisteme *integrate*.

Organizarea sistemică trebuie deci înțeleasă ca o constituire de ansambluri de elemente și fenomene în care interacțiunile și funcțiile părților constitutive sînt subordonate funcțiilor esențiale ale întregului, concurînd la menținerea ansamblului echilibrat structural și funcțional.

N. M. Amosov definește sistemul ca *un ansamblu de elemente identice sau diferite unite prin conexiuni și interacțiuni reciproce într-un întreg*.

Într-un sistem biologic elementele sînt reprezentate de atomi și molecule, agregate moleculare, celule, țesuturi, organe, organisme, populații etc. Elementele unui sistem se află în conexiune și interacțiune atît între ele cît și cu sistemele înconjurătoare, distingîndu-se astfel conexiuni și interacțiuni interne și externe. Pentru menținerea și funcționarea sistemului, legăturile interne sînt mai esențiale. Conexiunile sînt de natură materială sau energetică.

Pe baza conexiunilor și interacțiunilor cu mediul înconjurător I. Prigogine clasifică sistemele în izolate, închise și deschise.

Sistemele izolate nu schimbă materia cu mediul înconjurător nici sub formă de masă nici sub formă de energie. Existența acestor sisteme este puțin probabilă, ele au fost postulate numai teoretic, pentru a se deduce modul de desfășurare a proceselor energetice în celelalte categorii de sisteme, pornind de la sistemele izolate ca sisteme ideale.

Un sistem izolat poate fi imaginat ca un termos ideal, în care lichidul turnat ar rămîne intact ca volum și temperatură indiferent de condițiile mediului înconjurător. Mai pot fi comparate cu sistemele închise cabinele spațiale, dar numai parțial deoarece și acestea efectuează un oarecare schimb de energie cu mediul, fapt care duce la necesitatea reglării termice în interiorul cabinei.

Sistemele izolate nu pot fi acceptate, deoarece aceasta ar însemna să admitem ideea de veșnicie și de absolutizare, de sustragere a lor din circuitul universal al materiei.

Sistemele închise schimbă materia cu mediul numai sub formă de energie. Sistemul închis poate fi creat artificial. De exemplu, un vas cu apă închis ermetic nu poate schimba cu mediul materia sub formă de masă, ci numai energie; în funcție de temperatura mediului înconjurător, apa din vas va primi sau va ceda temperatură. Pămîntul sau o altă planetă poate fi considerată tot un sistem închis, deoarece primește energie radiantă de la soare și din Univers sub formă de raze cosmice și în același timp cedează energie în spațiul cosmic. Dacă avem însă în vedere meteoriții și praful cosmic care cad pe Pămînt, caracterul de „închis" devine relativ. Cedarea energiei de către oceanul planetar și păduri poate fi observată din cosmos sub formă de lumină reflectată, fenomen denumit *albedo*.

Sistemele deschise schimbă cu mediul atît materie sub formă de masă, cît și de energie. În această categorie intră lacurile, rîurile, reacțiile chimice și toate ființele vii. În sistemele deschise există întotdeauna

Scanned with OKEN Scanner

un număr de forţe cu valoare constantă, care împiedică forţele fizice să dezorganizeze sistemul, instalînd *starea de staţionare.*

Materia vie este organizată în sistem deschis, organismele fiind în permanentă legătură cu mediul prin intermediul metabolismului. În noţiunea de sistem deschis intră complexul macromolecular, celula, ţesutul, organul, organismul, populaţia, biocenoza şi biosfera.

Modul în care se desfăşoară schimbul de masă şi energie diferă la sistemele biologice faţă de cele nebiologice, nevii. Pentru sistemele biologice, schimbul cu mediul (metabolismul) constituie o condiţie esenţială a existenţei sistemului, a reînnoirii sale. În urma schimbului de materie sistemul îşi reface părţile uzate. Izolat de mediu, sistemul biologic se distruge. Sistemele anorganice se conservă numai în condiţii de izolare de mediu, schimbul ducînd la distrugerea sistemului.

O altă deosebire între sistemele deschise anorganice şi biologice constă în posibilitatea de a explica structura şi funcţiile acestora. Pentru a cunoaşte organizarea şi comportamentul unei molecule în diferite reacţii este suficient să cunoaştem componenţa şi însuşirile atomilor în starea lor actuală, în timp ce pentru un sistem biologic trebuie cunoscut drumul evolutiv parcurs de specia şi chiar de genul sau clasa din care face parte.

6.3. Însuşirile sistemelor biologice

Sistemele biologice au o serie de însuşiri comune, atît luate separat ca organisme cît şi ca grupe de organisme. Dintre însuşirile de bază prezentăm: caracterul informaţional, integralitatea, programul, echilibrul dinamic şi autoreglarea.

Caracterul informaţional. Prin informaţie se înţelege recepţionarea, acumularea, prelucrarea şi transmiterea unei ştiri (mesaj) de la un sistem la altul. În tehnică, un aparat sau o piesă a unei anumite maşini prin funcţionare primeşte şi transmite informaţii altor aparate sau piese sub formă de mişcare, căldură şi electricitate. Sistemele biologice datorită caracterului informaţional sînt capabile să recepţioneze informaţii din mediul înconjurător, să le prelucreze, să le acumuleze şi să le transmită altor sisteme, prin aceasta asigurîndu-se integrarea lor în mediu.

Informaţiile primite de om prin cercetarea naturii pot fi transmise folosind limbajul, scrisul, semnalele sonore, electrice etc. Animalele posedă, de asemenea, diferite mijloace de transmitere a informaţiei prin sunete, ultrasunete, culori, mişcări, emiterea de substanţe chimice, comportament, unde electromagnetice şi altele.

Cantitatea de informaţie a sistemului biologic depinde de gradul lui de organizare, sistemele cu grad superior de organizare posedînd o cantitate mai mare de informaţie. Fiecare sistem transmite informaţia codificată într-un cod specific modului său de organizare.

Pentru toate sistemele, fie ele tehnice sau biologice, o mare importanţă are transmiterea corectă a informaţiei. De aceea în tehnică se iau diferite măsuri de protejare sau de exprimare clară. Prin telefon, de exemplu, transmiterea unui nume propriu se face exprimînd fiecare literă printr-un cuvînt întreg al altui nume propriu de la care se ia

Scanned with OKEN Scanner

prima literă. Prin aceasta mesajul primește un surplus de informație care asigură fidelitatea, fără a-i îmbogăți conținutul. Informația în exces se numește *informație redundantă,* iar fenomenul *redundanță* (N. Botnariuc, 1974).

Pentru sistemele biologice, fenomenul de redundanță este asigurat prin perechile de cromozomi omologi din cadrul celulei, fiecare cromozom din perechea omoloagă repetînd informația ereditară a omologului său și apoi prin repetarea aceluiași număr de cromozomi în toate celulele organismului. Tot ca fenomen de redundanță poate fi interpretată repetarea mai mult sau mai puțin fidelă a bazei ereditare la toți indivizii populației sau speciei. Această repetare a informației asigură persistența speciei și funcționarea sistemului biologic în condițiile date.

Integralitatea. O trăsătură care interesează în mod deosebit sistemele biologice este integralitatea, care constă în faptul că însușirile sistemului nu se reduc la suma însușirilor părților din care se compune, ci prezintă calități noi, neîntîlnite la părțile componente luate separat. Însușirile noi rezultă din interacțiunea părților care asigură o funcționalitate deosebită.

Părțile integrate într-un sistem se diferențiază prin specializări structural-funcționale și devin dependente unele de altele. Integralitatea este cu atît mai dezvoltată cu cît interdependența părților componente este mai mare.

Superioritatea integralității, în funcție de gradul de specializare și interdependență a părților componente, este evidentă atît în dezvoltarea individuală a animalelor cît și în evoluția filogenetică. În stadiul de blastulă, blastomerele au o dependență slabă, ele se pot separa și dezvolta de sine stătător, în timp ce în stadii avansate are loc diferențierea în țesuturi, organe și sistem nervos central, care datorită integralității sînt cordonate și subordonate întregului. Spongierii, ca forme primitive, au părți puțin diferențiate și slab integrate, în timp ce la păsări și mamifere, datorită specializării și diferențierii multiple, integralitatea este asigurată prin funcții din ce în ce mai superioare și fin reglate, mergînd pînă la comportamente diferite, în funcție de starea în care se află individul, integrat sau izolat.

Exemple numeroase de funcții și calități noi, conferite întregului prin integralitatea părților găsim în tehnică, unde nici una din piesele componente ale unei mașini, televizor sau aparat de radio nu poate avea însușirea întregului cu părți integrate.

Genetica ne oferă exemple clare de integralitate: ereditatea depinzînd de modul de integrare a cromozomilor, starea de dominanță sau recesivitate a genelor, interacțiunea și recombinarea genelor etc.

Programul. Este o altă însușire a sistemelor, care exprimă una din stările posibile pe care le poate realiza sistemul, în funcție de structura și organizarea sa. De aceea N. Amosov (1965) determină programul ca *„schimbarea posibilă a sistemului, determinată de structura lui"*.

Cu cît sistemul este mai bine organizat și are o structură mai complexă, cu atît el posedă mai multe stări posibile, care se realizează în funcție de condițiile oferite de mediu. Starea funcțională a sistemului reprezintă în fond realizarea programului. Ca exemplu de stare posibilă pot servi pentru un animal împerecherea, îngrijirea puilor, hrănirea etc.

Scanned with OKEN Scanner

Sistemele biologice sînt organizate într-o ierarhie de sisteme, un sistem fiind alcătuit din subsisteme, ca părţi componente, iar acesta la rîndul lui, intră ca subsistem într-un alt sistem mai mare. Un organ, de exemplu are ca subsistem diferite ţesuturi, iar acestea celulele etc. Organul la rîndul său este subsistemul unui organism.

N. Amosov arată că fiecare sistem conţine programul său propriu, iar pe lîngă acesta conţine şi programele sistemelor superior şi inferior.

Programul propriu sau „programul pentru sine" este programul care prin metabolismul său asigură autoconservarea sistemului. O celulă are metabolismul ei propriu, care îi permite obţinerea de energie din alimente, sinteza de noi structuri (diviziunea) şi chiar reacţii de apărare, fără a apela la alte sisteme. Organismul, datorită programului propriu, posedă reflexe de apărare, de asigurare a hranei etc.

Programul inferior este caracteristic părţilor integrate în sistem, fiind programul subsistemelor. În comparaţie cu organismul, organele, ţesuturile şi celulele au programul lor, care este inferior sistemului în care sînt integrate. În cadrul sistemului celulă, programele inferioare sînt programele organitelor, ale structurilor moleculare, de exemplu replicaţia acidului dezoxiribonucleic ca program al cromozomului etc.

Programul superior are menirea de a asigura existenţa sistemului în care este integrat sistemul dat. Ca exemplu servesc programele care asigură reproducerea şi înmulţirea organismelor, prin aceasta contribuind la perpetuarea speciei în care individul este integrat.

Diferitele categorii de programe, determinate în fiecare sistem de către organizarea sistemică a naturii, nu sînt fixe, ele se pot schimba în dependenţă de modul de integrare a sistemului. În cazul cînd un sistem este scos din sistemul mare în care este integrat, el îşi pierde sau îşi schimbă în primul rînd programul superior. E. M. Willmer a demonstrat experimental că o celulă extrasă dintr-un ţesut şi cultivată separat, pierde forma caracteristică ţesutului (sistemului) din care făcea parte devenind asemănătoare cu celulele provenite din alte ţesuturi şi cultivate în vitro. Astfel, celulele epiteliale ale rinichiului, care sînt cubice sau paralelipipedice, devin fusiforme, asemănătoare celulelor din alte surse de ţesuturi. Prin aceasta se arată că celula pierde programul superior, dar pentru a-şi asigura existenţa îşi păstrează programul propriu.

Domesticirea animalelor şi cultivarea plantelor sînt exemple de schimbare atît a programului superior cît şi a celui „pentru sine". Ele pierd în primul rînd programele caracteristice organismelor integrate în populaţii naturale, se schimbă ritmul de reproducere, prolificitatea, ritmul de creştere, comportamentul şi altele. De regulă, noile însuşiri devin incompatibile cu existenţa normală a individului în cadrul populaţiei în care fusese integrat anterior.

La animalele domestice şi plantele cultivate noile programe superioare reflectă activitatea omului de valorificare a însuşirilor lor.

Schimbarea programului superior duce şi la schimbarea programului propriu şi apoi a programului inferior. Se schimbă calitatea hranei, modul ei de procurare, de digestie şi altele, care determină în cele din urmă şi modificarea programelor inferioare.

Scanned with OKEN Scanner

Echilibrul dinamic sau **starea de staţionare.** Este o însuşire a sistemelor deschise care decurge din trăsătura lor esenţială a schimbului permanent de materie şi energie cu mediul. Materia vie se află în continuă reînnoire, prin organism trece un flux continuu de materie şi energie, care pătrund din exterior şi se metabolizează. În felul acesta sistemul îşi păstrează individualitatea, deşi el este mereu altul (echilibrul dinamic). Transformările continue au loc de la molecule şi organite celulare pînă la populaţie, care este mereu reînnoită prin înlocuirea unor indivizi ce dispar, de către alţii care se nasc. Acelaşi lucru se întîmplă şi la nivelul biocenozei, în care schimbările sînt permanente, dar cu toate acestea ea durează sute şi mii de ani.

Autoreglarea. Influenţa mediului tinde permanent spre dezechilibrarea şi dezorganizarea sistemelor biologice. Pentru menţinerea acestora în stare de echilibru, individualitate şi integritate permanentă este necesară existenţa unui mecanism de autoreglare, care să regleze procesele interioare şi să contracareze influenţa mediului. Acest mecanism constituie una din cele mai importante şi generale caracteristici ale sistemelor biologice. În înţelegerea proceselor de autoreglare, un aport deosebit l-a adus cibernetica, stabilind legile după care se desfăşoară funcţionarea tuturor sistemelor autoreglabile.

Pentru a reacţiona în sensul anihilării acţiunilor de mediu în scopul evitării dezechilibrului sistemului, organismul trebuie să fie în măsură să recepţioneze stimulii veniţi din exterior, să-i recunoască şi să emită comenzi spre diferite organe efectoare, care urmează să dea un răspuns corespunzător factorilor primiţi.

Procesul de autoreglare se produce astfel: sistemul recepţionează stimulii prin organele de recepţie sau *receptori*. Mai departe stimulii ajung pe calea sensitivă la un *organ de comandă*. Acesta stabileşte răspunsul corespunzător pentru condiţiile respective şi se emite comanda pe *calea motoare*, la organul efector, care urmează să dea răspunsul sistemului la stimulii primiţi. Această legătură prin care semnalele circulă de la receptor la efector se numeşte *conexiune directă* (fig. 24).

Pentru exercitarea autoreglării conexiunea directă nu este suficientă fiind necesar în plus ca răspunsul stabilit de sistem să fie comparat cu comanda. Calitatea răspunsului trebuie comunicată din nou receptorului care a primit stimulii iniţiali. Receptorul comunică valoarea răspunsului la centrul de comandă, unde răspunsul se compară cu comanda emisă iniţial, se stabileşte dacă răspunsul este capabil să anihileze tendinţele de dezorganizare ale mediului. De regulă, între valoarea răspunsului şi comandă există întotdeauna diferenţe, ceea ce condiţionează efectuarea

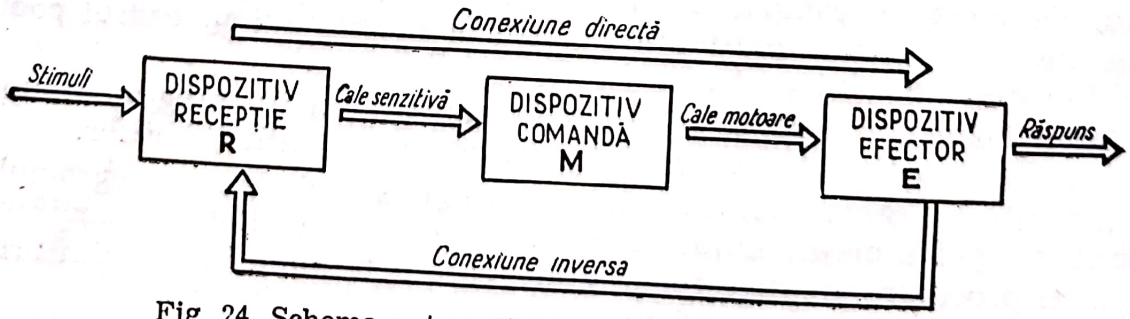


Fig. 24. Schema autoreglării sistemelor biologice.

Scanned with OKEN Scanner

unei noi comenzi și evident un nou răspuns. Legătura de la efector la receptor a fost denumită *conexiune inversă* (retroacțiune sau *feed-back*, denumirea englezească).

Sistemele tehnice funcționează pe principiul autoreglării: regulatorul Watt de la mașinile cu aburi, conducerea automată a navelor, termostatele și multe altele. Termostatele, de exemplu, au ca dispozitiv receptor un termometru Wertex, ce transmite informația privind temperatura unui releu care, ca dispozitiv de comandă, pe calea motoare, cuplează sau decuplează o rezistență electrică ce încălzește apa sau aerul din termostat. În același timp, pe calea conexiunii inverse, temperatura este înregistrată de dispozitivul receptor, care prin intermediul dispozitivului de comandă reglează temperatura.

În funcție de necesități omul stabilește temperatura la termometrul Wertex, care se menține constantă în interiorul termostatului. Scăderea temperaturii este transmisă la releu care cuplează rezistența electrică. Valoarea temperaturii din mediu este transmisă termometrului pe calea conexiunii inverse. Cînd aceasta atinge nivelul stabilit, termometrul transmite informația releului care decuplează rezistența electrică.

Pe principiul conexiunii inverse se bazează mecanismele fiziologice de homeostazie, ca reglarea cantității de glucoză din sînge, menținerea temperaturii corpului, concentrația de gaze din organism, presiunea sîngelui, deschiderea pupilei și altele.

Se știe că depășirea sau scăderea sub anumite limite a concentrației de glucoză în sînge produce tulburări grave în organism. Menținerea concentrației optime este asigurată prin procesul de autoreglare. Glicemia (concentrația glucozei în sînge) superioară valorilor normale constituie un stimul pentru hipofiză (receptor). Hipofiza sub influența acestui stimul secretă hormoni hipoglicemianți, care sînt transportați la pancreas, ca organ de comandă, unde determină secreția de insulină. Insulina ajunge la toate celulele corpului (efector), intensificînd arderea glucozei prin oxidări tisulare. Ca urmare, concentrația de glucoză în sînge scade.

Prin conexiune inversă, o concentrație diminuată de glucoză în sînge influențează corespunzător secreția de insulină. Ciclul se repetă ori de cîte ori este nevoie de a se influența asupra concentrației de glucoză.

Mecanismele de autoreglare acționează și în sistemele biologice superioare, ca populație, specie și biocenoză. Autoreglarea acționează nu haotic, ci în sensul menținerii echilibrului dinamic al sistemului, contracarînd acțiunea condițiilor din mediul înconjurător care tind să scoată sistemul din starea lui de echilibru dinamic.

Într-un organism există posibilități infinite pentru reacțiile biochimice, dar, datorită autoreglării, se produc numai acelea care asigură echilibrul dinamic al organismului, adecvat condițiilor de mediu.

6.4. Ierarhia sistemelor biologice și nivelele de organizare a materiei vii

Noțiuni despre nivelele de integrare. Sistemele sînt grupate în categorii de sisteme și subsisteme, alcătuind o ierarhie organizată, deși la o analiză superficială s-ar putea crede că diversitatea este lipsită de ordine. Ierarhia sistemelor este demonstrată pe de o parte de alcătuirea

Scanned with OKEN Scanner

unui sistem din subsisteme, iar pe de alta de faptul că sistemul respectiv intră în alcătuirea altui sistem, ca subsistem. În Univers sistemele nu sînt alăturate, ci integrate unele în altele cu diferite raporturi de condiționare și reglare.

În înțelegerea corectă a organizării materiei vii trebuie avute în vedere noțiunile de nivel de integrare și nivel de organizare.

Prin *nivel de integrare* se înțelege integrarea în cadrul unui sistem superior a unuia sau mai multor sisteme, integrare în care sistemul superior influențează și reglează activitatea sistemelor inferioare.

Nivelul de integrare se prezintă ca un lanț de sisteme cu sferă crescîndă, pornind de la particule elementare. Un organism, de exemplu, integrează în el sisteme începînd cu cele subatomice și atomice și continuînd cu sisteme moleculare, macromoleculare, celule, țesuturi, organe și complexe de organe. Noțiunea de integrare include atît sisteme nebiologice, cît și biologice.

O problemă de mare importanță în cunoașterea particularităților materiei vii este stabilirea științifică a *nivelelor de organizare*, care să corespundă specificului calitativ nou, să reflecte contradicțiile nivelelor, legile caracteristice și relațiile concrete ale fiecărui nivel cu nivelele precedente și superioare.

Pînă în prezent încă nu s-a ajuns la un punct de vedere comun în clasificarea nivelelor de organizare. În anul 1961 P. Weisz prezenta următoarea ierarhie a nivelelor de organizare: *particule subatomice, atomi, molecule, agregate moleculare, celule, țesut, organe, sisteme de organe, organisme, specii, biocenoze, lumea vie.* O schemă asemănătoare adoptă și B. Stugren.

N. Botnariuc subliniază că nu se poate ține seama numai de structură neglijîndu-se aspectul echivalentului funcțional. Nu se poate vorbi de nivelul molecular al organizării materiei vii pentru că nu există molecule vii, deși toată lumea vie este alcătuită din molecule. Același lucru se poate spune și despre nivelul atomic. Ar fi la fel cum am declara cărămizile drept nivel de organizare a orașelor.

Nivelul de organizare este definit de N. Botnariuc drept „un ansamblu de sisteme biologice echivalente, cu caracter de universalitate și diferite calitativ din punct de vedere al organizării lor".

În stabilirea nivelelor de organizare a materiei vii trebuie pornit de la cunoașterea obiectivă a materiei, trebuie ținut cont de forma cea mai elementară dar totodată și universală sub care există viața. Această formă o reprezintă organizarea individuală, indivizii biologici.

Universalitatea sistemelor este trăsătura obligatorie a nivelului de organizare a materiei vii. Dacă sistemele unui nivel nu cuprind întreaga materie vie, fără excepție, ele nu alcătuiesc un nivel de organizare.

Prin prisma acestor criterii se pot stabili patru nivele de organizare a materiei vii: individual, populațional sau al speciei, biocenotic și nivelul biosferei.

Nivelul individual. Organismul individual, indiferent de complexitatea lui, organism procelular, monocelular, pluricelular, mai simplu sau mai complex, este primul nivel de organizare a materiei vii. Întrucît în afara organismelor nu există materie vie, nivelul individual este definit

Scanned with OKEN Scanner

ca forma elementară și totodată universală de existență și de organizare a materiei vii.

Atomii și moleculele cele mai diferite sînt trepte în evoluția materiei anorganice care au dus la apariția substratelor organice și apoi a vieții. Organismele monocelulare, plante sau animale, sînt organisme de sine stătătoare, ele încadrîndu-se în nivelul individual de organizare. Celulele organismelor pluricelulare nu pot fi echivalate cu organismele monocelulare, ele sînt părți constitutive ale nivelului individual. Organismele monocelulare simple, cum sînt bacteriile, algele albastre sau, dintre animale, unele flagelate, au deja o organizare complexă, cu numeroase și variate diferențieri structurale și funcționale. Bacteria *Escherichia coli*, de exemplu, obiectul clasic de cercetare al geneticii moleculare, are un aparat enzimatic de aproximativ 2 000 enzime diferite și un aparat nuclear conținînd circa 10 milioane de baze azotate, care alcătuiesc ADN-ul bacteriei.

Ființele celulare au apărut, firește, în urma unui îndelungat proces evolutiv al formelor precelulare ale vieții.

Țesuturile și organele nu pot fi considerate niveluri de organizare, deoarece nu îndeplinesc criteriul de universalitate. Sub această formă nu există viață și în plus nu toate organismele au țesuturi și organe, de exemplu, algele monocelulare, protozoarele și chiar unele dintre metazoare, ca spongierii. Țesuturile sînt etape ale dezvoltării în organizarea nivelului individual.

Individul biologic este primul nivel de organizare a materiei vii în care se realizează toate funcțiile biologice de bază, armonios închegate în echilibrul dinamic. Organismul viu, indiferent dacă este monocelular sau pluricelular, constituie o unitate și nu o însumare întîmplătoare de părți ce coexistă în organism.

Indivizii biologici posedă caracteristicile de bază ale sistemelor biologice, ca: *metabolismul, caracterul informațional, integralitatea, echilibrul dinamic, programul, ereditatea, variabilitatea* și altele. Dintre toate acestea integralitatea este cea mai pronunțată.

Nivelul populațional — specie. Unii biologi consideră că populația și specia constituie niveluri separate de organizare. Sînt și păreri care pun la îndoială nivelul de organizare atît al populației cît și al speciei.

Analiza amănunțită a acestui nivel de organizare arată că atît specia cît și populația se încadrează în criteriul obligatoriu al universalității nivelului. Orice zoolog, botanist sau microbiolog privind animale, plante sau microorganisme constată în primul rînd că ele aparțin unei specii. Nu există indivizi biologici care să nu aparțină unei anumite specii biologice.

Speciile sînt reprezentate, pe arealul lor de răspîndire, prin populații, în cazuri aparte specia putînd fi reprezentată printr-o singură populație (specii pe insule izolate, specii în dispariție sau specii în formare). În aceste situații specia se confundă cu populația.

Un exemplu de populație izolată care echivalează cu specia este *Romanichtys valsanicola*, o specie endemică de pești, descoperită în apa rîului Vîlsan și care se întîlnește în zona premontană a rîurilor Argeș, Vîlsan și Rîul Doamnei, în raza orașului Curtea de Argeș și a localităților Brădet și Corbi.

Scanned with OKEN Scanner

Nu există însă specii care să nu fie reprezentate cel puțin printr-o populație, care este componenta obligatorie a oricărei specii avînd același grad de universalitate. Populațiile și speciile sînt sisteme biologice complexe atît structural cît și funcțional.

Legile după care se desfășoară procesele biologice la nivel populațional sînt diferite de cele ale nivelului individual. O caracteristică de bază a nivelului populațional o constituie relațiile intraspecifice contradictorii și unitare și indisolubil corelate cu factorii de mediu. Dezvoltarea acestor relații duce la diferitele adaptări ale speciilor.

Pentru nivelul populație-specie, factorul timp devine o componentă esențială, fiecare specie avînd o istorie în sensul propriu al cuvîntului. Dacă limitele de existență a individului sînt cunoscute, timpul de existență a speciei este nedefinit, putînd ajunge la sute de milioane de ani.

Populațiile și speciile constituie obiectul evoluției, legile evoluției devenind caracteristice nivelului respectiv. O altă caracteristică a speciilor este adaptarea. Integralitatea și echilibrul dinamic sînt caracteristice și nivelului populație — specie, la baza lor stînd mecanismul de autoreglare.

Nivelul biocenotic. Speciile nu pot trăi izolat, deoarece fiecare din ele într-un fel oarecare depinde de alte specii, ceea ce determină asocierea lor în unități complexe numite *biocenoze*. Aceste biocenoze pot fi alcătuite din virusuri, bacterii, ciuperci, plante verzi și animale care ocupă un mediu abiotic bine determinat denumit *biotop*. Unitatea ecologică alcătuită de biocenoză împreună cu biotopul ocupat se numește *ecosistem*. Pe baza cercetărilor de ecologie s-a stabilit că biocenozele reprezintă un nivel determinat în organizarea materiei vii, nivel care funcționează pe principiile cibernetice de autoreglare.

În cadrul biocenozei se stabilesc relații interspecifice de concurență sau cooperare, care se formează în lupta pentru existență. Ierbivorele au nevoie de plante cu care se hrănesc, carnivorele de ierbivorele pe care le consumă și împreună se intercondiționează în arealul pe care îl ocupă. Nici plantele verzi autotrofe nu ar putea exista mult timp fără microorganismele care să descompună corpurile organice sau să facă solubile elementele nutritive din sol pe care plantele singure le-ar epuiza.

Orice biocenoză se compune din trei categorii de organisme în așa fel intercondiționate încît nu pot exista decît împreună; acestea sînt: producătorii, consumatorii și reducătorii.

Producătorii sînt reprezentați prin plantele verzi care sintetizează substanțe organice primare utilizînd energia solară și substanțele minerale;

Consumatorii sînt alcătuiți din diferite animale care, în funcție de natura hranei consumate, se împart în consumatori primari, secundari și terțiari.

Reducătorii sau descompunătorii, sînt alcătuiți în esență din bacterii și ciuperci.

Dintre relațiile multiple ce se stabilesc între speciile diferitelor categorii de organisme, cele mai importante sînt *relațiile trofice*. La acestea mai pot fi adăugate relațiile legate de unele particularități de reproducere, protecție și răspîndire a speciilor. Relațiile dintre speciile biocе-

Scanned with OKEN Scanner

nozei, în special relaţiile trofice, realizează principalele mecanisme de autoreglare a stării biocenozelor.

Relaţiile interspecifice ce se stabilesc între diferitele specii din cadrul biocenozei constituie obiectul uneia dintre cele mai noi ştiinţe biologice — *ecologia*.

Nivelul biosferei. Este un nivel de organizare a materiei vii şi totodată un sistem biologic care alcătuieşte învelişul viu al planetei, incluzînd toate nivelele precedente. Cunoştinţele despre organizarea şi funcţionarea acestui sistem sînt încă insuficiente pentru enunţarea legilor şi caracteristicilor generale. Se presupune chiar că între nivelul biocenotic şi cel al biosferei ar exista încă cel puţin un nivel de organizare a materiei vii.

CAPITOLUL 7

ORIGINEA VIEŢII PE PĂMÎNT

7.1. Teorii despre originea vieţii

Problema originii şi apariţiei vieţii şi, strîns legată de aceasta, originea omului pe Pămînt, a preocupat în mod deosebit minţile oamenilor, încă din vremurile cele mai îndepărtate. Omul primitiv, necunoscător a ceea ce îl înconjoară, apela pentru explicarea fenomenelor naturii la reprezentări şi forţe supranaturale, care intervin în fenomenele naturii. Între aceste fenomene s-a inclus şi problema originii vieţii, a „secretului vieţii". Istoria şi etnografia arată că fiecare popor, iar uneori chiar comunităţi mai mici posedau sau mai posedă legende variate, dar cu ceva comun — ideea participării unor fiinţe supranaturale în construirea lumii şi a vieţii (creaţionism). Arhicunoscuta istorie biblică a „Facerii" este una din multiplele variante ale „creaţiei". Legenda acceptată la început ca fiind posibilă, a devenit cu timpul credinţă, căpătînd în toate religiile caracter de dogmă, care a influenţat negativ gîndirea şi progresul ştiinţific timp de milenii.

Creaţionismul este dezvoltat mai tîrziu în numeroase curente religioase, multe dintre ele întîlnindu-se şi în zilele noastre. Această concepţie a influenţat şi o serie de oameni de ştiinţă din domeniul biologiei. Aşa cum s-a arătat anterior, curentul creaţionist idealist a fost susţinut de mari oameni de ştiinţă, ca C. Linné, G. Cuvier şi alţii.

Încercările diferiţilor oameni de ştiinţă de a explica ştiinţific apariţia vieţii pe pămînt sînt oglindite în numeroase teorii, dintre care prezentăm pe cele mai importante:

Teoria genezei spontane. O parte din filozofii antici nu se puteau împăca cu explicarea prin „creaţie" a vieţii de către forţa divină. Ei au întemeiat o teorie simplă şi naivă, precum că viaţa a apărut pe cale spontană din materie nevie asupra căreia au acţionat razele solare, tem-

Scanned with OKEN Scanner

peratura și alți factori naturali. Astfel considerau că viețuitoarele superioare, la care cunoșteau modul de reproducție, au apărut spontan printr-o primă generație. La viermi, insecte și chiar la pești, unde modul de înmulțire nu le era încă cunoscut, ei presupuneau posibilitatea unei geneze spontane, repetate periodic.

Explicația vieții prin geneză spontană este departe de adevărul științific, dar pentru vremurile antichității constituia un proces evident în gîndirea filozofică, revenindu-i marele merit de a fi renunțat la forța supranaturală și de a fi căutat izvorul vieții în cauze materiale, în materia anorganică și organică, în condițiile de viață. Concepția lui Democrit că materia vie și cea moartă sînt formate din aceleași feluri de atomi este considerată ca o intuiție genială.

Așa cum s-a subliniat în capitolele precedente teoria genezei spontane, cu caracter progresist pentru antichitate și Evul Mediu, a devenit o frînă pentru dezvoltarea biologiei și a concepțiilor materialiste de mai tîrziu.

Primul care a încercat să înlăture din știință concepția genezei spontane a fost italianul de la curtea toscană Francesco Redi, care, așa cum s-a arătat, dovedește (în 1668) că pe o bucată de carne bine acoperită nu apar larve de *Calliphora vomitoria*. Convingerile în geneză spontană erau greu de înlăturat, întrucît chiar și mari savanți, ca G. Buffon, J. B. Lamarck și alții, acceptau posibilitatea genezei spontane pentru cele mai simple viețuitoare.

Louis Pasteur a dovedit falsitatea genezei spontane prin experiențe foarte simple efectuate în cadrul Academiei de Științe din Paris în jurul anului 1860.

Teoria panspermiei. Este teoria răspîndirii germenilor vieții în univers. În timp ce teoria generației spontane era perimată, chimiștii realizau noi succese în analiza și sinteza substanțelor chimice. Se constatase că unii dintre meteoriții căzuți pe pămînt conțin cantități remarcabile de carbon, chiar pînă la 4%. În secolul al XIX-lea marii chimiști J. J. Berzelius (1834), M. F. Wöhler (1859) și M. Berthelot (1868) au constatat că unii meteoriți sau „pietrele căzute din cer", cum se spunea pe atunci, conțin și substanțe organice. Această descoperire a sugerat ideea originală și îndrăzneață că viața nu are o origine pămînteană, că ea ar fi fost adusă din univers, de pe altă planetă. Se revenea astfel la ideea panspermiei formulată încă în antichitate de către Anaxagora, care vedea esența vieții în niște germeni împrăștiați în Univers, denumiți „spermata" sau natura lucrurilor.

Ideea panspermiei din antichitate și pînă în epoca Renașterii avea un sens idealist, considerînd că viața este eternă, există „de cînd lumea" sub formă de germeni, dar nu a apărut din materia vie. Izolînd viața de materia vie, teoria panspermiei atribuia vieții o forță supranaturală, vitală.

La mijlocul secolului XIX Richter (1865) enunță ipoteza conform căreia viața a fost adusă pe Pămînt de pe alte planete sub formă de microorganisme. În același timp Thompson adaugă că germenii au fost aduși prin meteoriții căzuți pe pămînt. Un alt savant, chimistul suedez Svante Arrhenius (1859—1927), unul dintre

Scanned with OKEN Scanner

primii laureaţi ai premiului Nobel pentru chimie, adaugă că germenii diferitelor microorganisme se propagă peste tot în Univers şi deci este indiferent unde ei au luat naştere. Într-o serie de lucrări publicate succesiv în anii 1906, 1908, 1910 el susţine cu pasiune teoria panspermiei.

Teoria panspermiei este combătută prin rezultatele ştiinţifice din ultimele decenii, în special ale astrofizicii. S-a stabilit că în spaţiul cosmic nu se întîlnesc condiţii favorabile vieţii: temperaturile foarte scăzute sînt însoţite de uscăciune excesivă, intensitatea deosebit de mare a radiaţiilor ultraviolete, röentgen şi a radiaţiilor cosmice, lipsa oxigenului etc.

O altă dovadă adusă împotriva teoriei panspermiei este temperatura ridicată care se dezvoltă în timpul căderii meteoriţilor, care trecînd în stratul dens al atmosferei terestre se aprind. În aceste condiţii, chiar dacă germenii răzleţi ar fi rezistat unor călătorii îndelungate prin spaţiu, uneori de sute de milioane de ani, la intrarea meteoriţilor purtători în atmosfera terestră, ei ar fi pierit, din cauza stării incandescente a acestora.

Teoria panspermiei nu poate fi acceptată şi din alte puncte de vedere. Evident, nimeni nu neagă posibilitatea existenţei vieţii pe alte planete, dar admiţînd „însămînţarea" Pămîntului cu viaţă extraterestră nu se elucidează originea vieţii. În acest caz trebuie să fie elaborată mai întîi ipoteza apariţiei vieţii pe alte planete, despre ale căror condiţii prezente şi trecute ştim încă prea puţin sau despre unele poate chiar nimic.

Teoria apariţiei întîmplătoare a vieţii. Această concepţie a fost enunţată de genetistul american H. Müller după anul 1930. În ultimul deceniu, teoria este reluată şi dezvoltată de către cunoscutul biolog francez Jacques Monod. Teoria este cunoscută şi sub denumirea de *teoria genei* ca bază a vieţii.

H. J. Müller (1890—1967) susţinea că „molecula vie" prin autoreproducere a generat toate fiinţele. El presupune apariţia, printr-o şansă „fericită", a moleculelor de ADN, prin combinări întîmplătoare de atomi şi molecule. Molecula de ADN a servit apoi ca tipar pentru sinteza ulterioară a proteinelor. Teoria este inspirată din importanţa mare pe care o au proteinele şi acizii nucleici în procesele vitale.

Teoria genezei întîmplătoare a moleculei vii nu poate fi acceptată, întrucît ea echivalează în fapt cu teoria generaţiei spontane, dar la nivel molecular. Viaţa este forma de existenţă a unor sisteme deschise, macromoleculare, capabile de autoreproducere şi autoreînnoire. Un astfel de sistem nu poate fi decît rezultatul unei îndelungate evoluţii a materiei, care a parcurs diferite forme de organizare.

Teoria ştiinţifică privind originea vieţii trebuie să fie fundamentată pe *legea universală a biogenezei.* Aceasta înseamnă că peste tot în Univers unde există condiţii favorabile viaţa a luat naştere în virtutea acelorași procese care au dus la apariţia ei pe Pămînt, aşa cum procesele fizico-chimice sînt guvernate de aceleaşi legi.

Definiţia vieţii. Explicarea originii vieţii prin concepţia evoluţionistă, admisă de majoritatea oamenilor de ştiinţă contemporani, necesită o definire cît mai exactă a noţiunii de viaţă în accepţiunea sa biologică. Opi-

Scanned with OKEN Scanner

niile oamenilor de știință privind această problemă se împart în două categorii: unii susțin că se poate da o definiție, în sens biologic, riguroasă, iar alții pledează pentru explicații ample, viața fiind un fenomen extrem de complex.

O definiție bine cunoscută a fost dată în secolul trecut de către Fr. Engels care arată că „Viața este modul de existență a corpurilor albuminoide" și acest mod de existență constă, în esență, în autoreînnoirea continuă a componentelor chimice ale acestor corpuri".

Această definiție concisă nu reflectă însă toate laturile formei de mișcare a materiei denumită viață. Însuși Fr. Engels intuia limitele definiției sale spunînd: „Definiția dată de noi vieții este firește, foarte sumară, întrucît departe de a cuprinde toate fenomenele vieții, ea trebuie dimpotrivă, să se limiteze la fenomenele cele mai generale și mai simple. Din punct de vedere științific, toate definițiile au o valoare redusă. Pentru a ști cu adevărat exhaustiv ce este viața, ar trebui să cercetăm toate formele ei de manifestare, de la cea mai simplă la cea mai complexă".

În anul 1952 cunoscutul biochimist englez J. D. Bernal a dat vieții o altă definiție: „Viața este capacitatea de autoreproducere a sistemelor deschise, însoțită de reacții organice catalizate treptat și izoterm de catalizatori organici cu alcătuire complexă și specifică, pe care îi produce sistemul însuși."

Astăzi considerăm că o bună definiție ar trebui să reflecte trei particularități: *structurală, funcțional-energetică* și *informațională*. Definiția vieții neputînd fi rigidă și necesitînd îmbunătățiri periodice se consideră rațional a fi acceptat punctul de vedere al lui P. R. Ehrlick și R. W. Holm (1963), care susțin că viața trebuie considerată simplu, ca o proprietate deosebită a materiei care a apărut pe o anumită treaptă a complexității ei.

7.2. Teoria Oparin-Haldane

În anul 1922, la congresul Societății botanice ruse biochimistul A. I. Oparin a expus o nouă teorie asupra originii vieții, care susține că viața este proprietatea materiei ajunsă la un anumit stadiu de organizare și complexitate, la un anumit stadiu de evoluție. Concepțiile lui A. I. Oparin au fost publicate în anul 1924 în lucrarea *Originea vieții*. Un alt biochimist de faimă mondială, J. B. S. Haldane (1892—1964), independent de A. I. Oparin, a formulat în anul 1928 o ipoteză similară. În prezent teoria este cunoscută sub denumirea de teoria Oparin — Haldane și are cea mai largă răspîndire.

Această teorie pleacă de la condițiile fizico-chimice de pe pămînt existente înaintea apariției vieții, trece apoi la explicarea posibilității în care au putut să apară primele molecule organice simple, cum s-au combinat acestea pentru a da compuși organici mult mai complecși și care au fost sursele de energie pentru aceste reacții.

În rezumat teoria Oparin — Haldane poate fi prezentată sub forma cîtorva teze:

Formarea primelor substanțe organice. A. I. Oparin și J. B. Haldane își fundamentează ipoteza lor pe ideea că atmosfera

Scanned with OKEN Scanner

primară a Pămîntului a fost extrem de săracă în oxigen, ea avea un caracter reducător. Se presupune că în urmă cu 3—4 miliarde de ani învelişul gazos al planetei noastre era alcătuită din metan, amoniac, hidrogen şi vapori de apă, care s-au combinat şi au dat naştere la diferite substanţe organice. Sursa de energie care a asigurat combinarea acestor substanţe a fost asigurată de radiaţiile ultraviolete, mult mai intense decît în zilele noastre, şi de fenomenele naturale, ca descărcările electrice, erupţiile vulcanice, emanaţiile radioactive; nu este exclus ca şi radiaţiile cosmice să fi participat într-un astfel de proces.

Formarea oceanului primitiv bogat în substanţe organice. Răcirea treptată a Pămîntului a dus la condensarea şi precipitarea vaporilor de apă care abundă în atmosfera primară. S-a format astfel oceanul primar terestru, în apa căruia odată cu ploile au fost antrenate şi substanţele organice existente în atmosferă. A. I. Oparin scrie că s-a format o aşa-numită „supă organică", adică o soluţie bogată în substanţe chimice organice.

În apa oceanului primar, alături de substanţele din atmosferă solvite, se acumulează săruri şi alţi compuşi ai solului proveniţi din erodarea uscatului şi din lava vulcanilor marini. Apa oceanului primar era cel mai bun solvent pentru multe substanţe şi un mediu ideal pentru multe reacţii chimice.

Formarea coacervatelor (primele sisteme termodinamice deschise). În oceanul primar au avut loc cele mai diverse combinări între substanţele organice, carbonului revenindu-i un rol deosebit de important. Se presupune că la baza multiplelor combinaţii care au dus la formarea macromoleculelor organice a stat carbonul, element care posedă foarte multe posibilităţi de combinare chimică, întrucît atomii se pot lega direct între ei printr-ó foarte mare diversitate de forme. Metanul din oceanul primar a putut intra în reacţie cu alte molecule de metan, cu apa, amoniacul şi diverse tipuri de molecule existente în mediul respectiv, generînd noi tipuri de molecule mai complexe.

Sursele de energie necesară reacţiilor organice în fazele timpurii au fost asigurate de razele ultraviolete cu lungime de undă scurtă, de descărcările electrice ce se presupune că se produceau continuu şi de diferite radiaţii. Se presupune, de asemenea, că sinteza unor compuşi precursori ai materiei vii a fost determinată şi de dezintegrarea uraniului, thoriului şi potasiului.

Conform teoriei Oparin — Haldane, evoluţia chimică a vieţii a continuat de la produşii organici precursori simpli, spre molecule complexe. Reacţia chimică s-a produs între moleculele precursoare, între ele şi substanţe chimice anorganice. Printr-o serie de reacţii chimice s-a ajuns la formarea *proteinelor,* iar din combinarea purinelor şi pirimidinelor cu zaharuri şi fosfaţi s-au obţinut primele molecule de *acizi nucleici.*

Asupra modului şi priorităţii în care s-au format proteinele şi acizii nucleici există numeroase ipoteze, important de reţinut fiind faptul că proteinele şi acizii nucleici au constituit un punct nodal în formarea vieţii. Nu sînt de neglijat nici fierul şi magneziul, care au putut participa în calitate de catalizatori în sinteza abiogenă a unor compuşi organici.

Scanned with OKEN Scanner

Masa organică din oceanul primar era dispersată într-o suspensie coloidală neuniformă formată din geluri coloidale și coacervate. Picăturile de substanță organică, așa-numitele *coacervate,* la început aveau mărimi diferite, de la fracțiuni de microni pînă la cîțiva milimetri (fig. 25). Cu timpul, coacervatele au început să absoarbă molecule organice cu greutate moleculară mare, căpătînd o structură internă din ce în ce mai complexă și în același timp mai definită. Totodată, coacervatele s-au separat de mediul ambiant printr-o suprafață proprie, s-a produs astfel separarea materiei organice complexe de mediul înconjurător.

Selecția naturală a coacervatelor, apariția metabolismului și a însușirilor specifice materiei vii. Teoria Oparin-Haldane opinează pentru un proces de selecție naturală între coacervatele aflate în competiție pentru materie. În urma concurenței dintre coacervate rămîn cele mai stabile, mai bine adaptate condițiilor de mediu în care au apărut. Datorită acestor fenomene, coacervatele amintesc într-o oarecare măsură sistemele biologice, deși sînt totuși formațiuni nevii. Le lipsește încă însușirea de bază a materiei vii — autoreproducerea.

Coacervatele mai stabile au realizat ultima etapă a evoluției materiei spre formele inferioare de viață prin apariția metabolismului și asigurarea procesului de autoreproducere. Procesul de evoluție chimică a fost continuat cu cel de evoluție biochimică, suprapus cu cel de evoluție biologică. Modul în care s-a realizat trecerea de la coacervate spre organismele primitive nu este încă elucidat pe deplin. Teoria Oparin—Haldane este însă cea mai acceptabilă, ea înlătură intervenția forțelor supranaturale și totodată lasă problema deschisă pentru noi clarificări.

Asupra locului unde s-ar fi putut realiza geneza vieții există două păreri. Conform primei păreri, întregul ocean primar ar fi putut servi ca mediu favorabil, după a doua numai în golfurile mărilor tropicale, în apele mai puțin adînci din apropierea țărmului a putut fi posibilă apariția vieții, datorită temperaturii ridicate și relativ constante. În

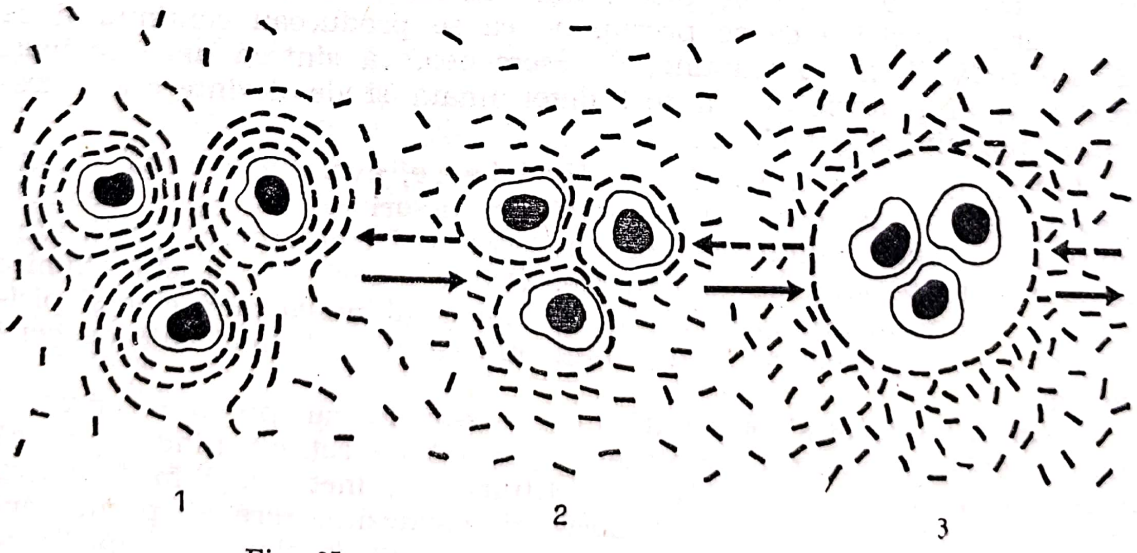


Fig. 25. Formarea picăturilor de coacervate:
1 — macromolecule în apă; *2* — pierderea unei părți de apă; *3* — picătură de coacervat.

Scanned with OKEN Scanner

condiţiile zonei de ţărm s-a creat în plus un fond suficient de substanţe abiotice. Vînturile aduceau praf de pe uscat, apele erodau malurile şi astfel se acumula un fond de elemente chimice capabile de a asigura dezvoltarea coacervatelor.

În conformitate cu teoria Oparin—Haldane, primele organisme, acelulare şi monocelulare, erau *heterotrofe,* anaerobe, se hrăneau cu substanţe organice dizolvate în apă. Cu timpul, vieţuitoarele primitive s-au înmulţit, iar cantitatea de substanţă nutritivă a devenit insuficientă, punînd în pericol existenţa lor. Unele dintre vieţuitoare au reuşit să-şi sintetizeze singure substanţele organice necesare, din substanţe minerale existente în apă şi cu ajutorul energiei solare. S-a realizat astfel trecerea la modul de viaţă *autotrof.* Organismele astfel formate au urmat drumul evoluţiei istorice (fig. 26).

Data apariţiei vieţii. Cercetările din ultimele decenii permit să se aprecieze că vîrsta vieţii pe pămînt este de aproximativ 4 miliarde de ani. În lucrarea *L'origine de la vie* (1970) Jean-Arcady Mayr arată că, în Africa de Sud în rocile de la *Barghoorn* şi *Schoff* au fost descoperite două organisme fosile în vîrstă de 3,1 miliarde ani. Una dintre fosile seamănă cu o bacterie, iar cealaltă cu o algă unicelulară cu fotosinteză. Analiza cromatografică a acestor fosile a scos în evidenţă cei 20 de aminoacizi care şi astăzi constituie materialul biologic de bază pentru sinteza proteinelor. Recent, continuă acelaşi autor, au fost descoperite de către Albert Engel două alge fosile cu o vîrstă de 3,2—3,5 miliarde ani.

Existenţa fosilelor monocelulare de 3,5 miliarde ani demonstrează că vîrsta de 4 miliarde de ani atribuită vieţii este plauzibilă.

Teoria Oparin—Haldane răspunde şi la întrebarea dacă se pot forma şi în prezent forme vii din materie lipsită de viaţă. Răspunsul este că se poate admite ca în unele puncte ale planetei noastre să aibă loc un asemenea proces, dar materia formată este imediat distrusă de bacterii şi microbi. A. I. Oparin subliniază această idee astfel: „Condiţia esenţială a apariţiei vieţii pe Pămînt se pare că a fost tocmai absenţa ei aici". În această problemă el reia ideea lui Ch. Darwin (1887), care spunea că instaurarea vieţii pe Pămînt a dus la distrugerea ireversibilă a condiţiilor genezei ei.

Aprecierea teoriei Oparin-Haldane. Dintre ipotezele şi teoriile despre originea vieţii pe Pămînt, teoria evoluţionistă a lui Oparin—Haldane are un caracter materialist-dialectic şi se bucură de cea mai largă răspîndire. Evoluţia chimică a vieţii de la materie anorganică la cea organică şi apoi saltul spre materia vie prin mijlocirea coacervatelor, constituie un evident argument în susţinerea celor afirmate mai sus.

Teoria nu reuşeşte încă să explice mecanismul prin care s-a realizat sinteza primară a proteinelor şi a acizilor nucleici în interiorul coacervatelor. Din teorie rezultă că problema a putut fi rezolvată pe două căi: *a*) viaţa a început prin organizarea sistemelor polimoleculare de proteine; *b*) viaţa porneşte de la organizarea sistemelor polimoleculare de acizi nucleici, care au precedat sinteza proteinelor. A. I. Oparin consideră posibilă prima cale.

În ultimele decenii, biochimiştii înclină spre cea de a doua cale, presupunînd că bazele purinice şi pirimidinice au putut apare ca şi

Scanned with OKEN Scanner

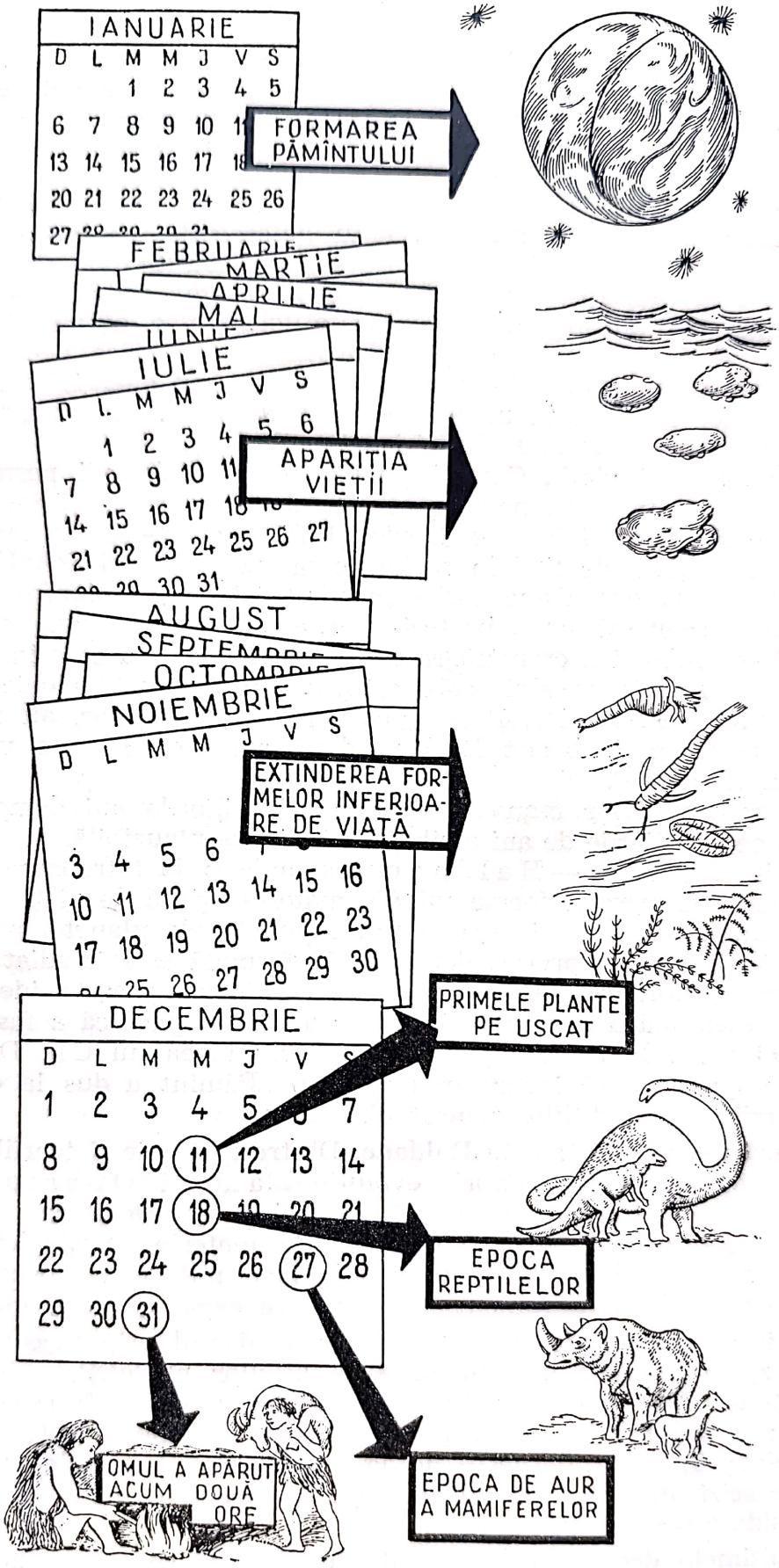


Fig. 26. Istoria pămîntului reprezentată sub formă de calendar, în care o zi reprezintă evenimentele a 12 milioane de ani (din *Molecules to man* — Ot molekul do celoveka — Moscova 1973).

Scanned with OKEN Scanner

aminoacizii pe cale fotochimică în atmosfera primară reducătoare a Pămîntului. Biochimistul Rich (1962) presupune că viaţa a apărut în momentul cînd un sistem de polinucleotide a declanşat inserarea ordonată a aminoacizilor în structuri proteice.

De regăsirea drumului pe care natura l-a parcurs în evoluţia chimică a materiei spre viaţă se ocupă astăzi *biologia moleculară*. Deşi realizările din ultimii ani sînt destul de promiţătoare, actuala tehnică de laborator şi cunoştinţele teoretice contemporane despre viaţă nu permit încă crearea artificială a primei fiinţe.

Dovezi experimentale în sprijinul teoriei Oparin-Haldane. Teoria Oparin—Haldane este în mare parte lipsită de o bază experimentală. Pornind de la ideea că elementele chimice ale Pămîntului de acum 4 miliarde de ani nu diferă de cele prezente, biochimistul american Stanley Müller, de la Universitatea din Chicago, a reconstituit în anul 1953 condiţiile fizico-chimice primare ale Pămîntului într-un recipient de sticlă sterilizat la 130° timp de 18 ore. El a introdus în recipient un amestec de gaze compus din 13% hidrogen, 26% metan, 26% amoniac şi 35% vapori de apă. Recipientul a fost încălzit timp de o săptămînă la o temperatură de 60°C, iar în interior au fost produse descărcări electrice permanente de 60 000 volţi (fig. 27).

În prima zi de experienţă apa din recipient a devenit roză, iar spre sfîrşitul săptămînii — roşu închis. Analizînd conţinutul s-a stabilit formarea de diverse substanţe organice, printre care şi cei mai cunoscuţi aminoacizi, ca: glicina, alanina, acidul aspartic, acidul glutamic şi alţi componenţi organici, iar 85% nu au putut fi încă identificaţi.

Cercetările au continuat folosindu-se şi de alte surse de energie, ca radiaţiile ultraviolete, lumina solară etc. În India, K. Bahadur a dovedit într-o serie de experienţe (1954—1961) că acţionînd cu lumină solară sau raze ultraviolete asupra unui amestec de apă şi aldehidă formică, în prezenţa azotatului de potasiu sau a clorurii ferice, se formează aminoacizii: valina, prolina, histidina, leucina, lizina şi alţii, care se sintetizează foarte greu dintr-un mediu gazos.

Experienţele multor altor biochimişti au demonstrat că pe cale geochimică au putut lua naştere monozaharidele, ureea, bazele azotate, care intră în compoziţia acizilor nucleici, acidul adenozin-trifosforic, pigmenţi hemici şi chiar pigmentul verde al frunzelor, clorofila (C. Ponanperuna 1963—1968).

Toate acestea confirmă tezele lui A. I. Oparin şi anume că trecerea de la anorganic la organic şi de aici la viu a fost posibilă în condiţiile unei atmosfere cu caracter reducător.

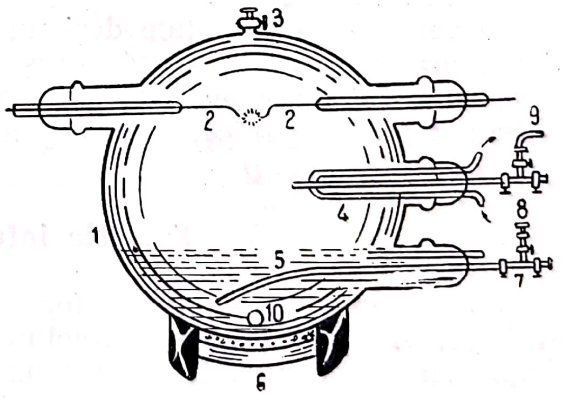


Fig. 27. Schema dispozitivului pentru sinteza abiotică a unor substanţe organice: *1* — balonul de sticlă; *2* — electrozi; *3* — robinet pentru scoaterea gazelor; *4* — refrigerent; *5* — termometru; *6* — reşeu electric; *7* — robinet pentru introducerea gazelor şi luarea probelor lichide; *8* — robinet pentru luarea probelor de gaz; *9* — tub de joncţiune cu un manometru; *10* — sfere de sticlă (după Müller, 1953).

În ultimul deceniu, biochimistul american Sidney Fox (1963—1972) a publicat o serie de date experimentale despre modul în care s-ar fi format primele, cele mai simple sisteme termodinamice deschise. Prin încălzire la 120°C, iar în prezența polifosfaților numai la 65°C, s-a realizat unirea aminoacizilor cu niște compuși denumiți „proteinoizi" asemănători, după unele proprietăți, proteinelor. Proteinoizii sînt inmiscibili cu apa, de forma unor sfere microscopice (1—2 microni), cu însușirea de a crește și de a se înmulți. Aceste microsfere sînt în esență niște coacervate și corespund prototipului imaginat de A. I. Oparin pentru sistemele termodinamice deschise, capabile de metabolism și ulterior de autoreproducere.

O problemă puțin cunoscută rămîne modul în care a apărut metabolismul și s-a constituit ereditatea. În această privință biologia moleculară poate oferi deocamdată numai ipoteze.

În lucrarea *Evoluția moleculară și originea vieții (Molecular evolution and the origin of life*, 1972) S. W. Fox și K. Dose aduc o serie de noi date în sprijinul explicării științifice a apariției vieții. Ei arată că în spațiul cosmic a fost descoperită existența unor diferite și complexe combinații ale carbonului, care au apărut abiogen înainte de formarea Pămîntului. Pămîntul, conform acestor precizări, a primit din cosmos diferite combinații ale carbonului, acestea au fost supuse la numeroase modificări în litosferă, hidrosferă și atmosferă, devenind sisteme deschise care au intrat în interacțiune cu mediul înconjurător. Prin metoda radiospectroscopiei L. Snyder și colaboratorii săi au stabilit prezența aldehidei formice, a apei și amoniacului în diferite regiuni ale galaxiei noastre. Aceste date dovedesc că evoluția chimică a început cu mult înainte decît se apreciază pînă în prezent.

Din cele descrise reiese că strădaniile oamenilor de știință au fost axate în ultimii ani în deosebi în spiritul teoriei Oparin—Haldane, teorie recunoscută unanim de oamenii de știință participanți la trei prestigioase întruniri internaționale (U.R.S.S. — 1957, S.U.A. — 1963 și Franța — 1970).

Dovezile experimentale deși nu reușesc să elucideze exhaustiv problema apariției vieții, ajută totuși să ne formăm o idee materialistă asupra acestui fenomen natural, care a parcurs probabil trei etape succesive: *etapa neorganică, etapa organică* și *etapa biologică*.

7.3. Formele inferioare ale vieții

Știința este în căutarea formelor care au constituit începuturile evoluției vieții. O perioadă îndelungată s-a crezut că formele cele mai simple sînt bacteriile. În anul 1892 D. Ivanovschi a descoperit virusurile, corpusculi mult mai mici decît bacteriile, vizibili numai la microscopul electronic. Virusul se compune dintr-un filament de acizi nucleici (ADN sau ARN) și membrană proteică. Se cunosc 300 de virusuri patogeni pentru om și peste 100 pentru animale, plante și bacterii. Virusurile au un tip aparte de înmulțire. Ele obligă organismul gazdă să formeze din celula proprie o nouă substanță de virus. Foarte important este faptul demonstrat de către cercetătorul american W.

Scanned with OKEN Scanner

Stanley (1935), Berkley (1955) și alții, care au demonstrat că virusul mozaicului de tutun este o albuminoidă ce se poate cristaliza fără a-și pierde proprietățile patologice, ceea ce se poate dovedi prin introducerea cristalelor de virus pe planta de tutun. Trecerea virusului în stare cristalizată poate fi apreciată ca formă de tranziție între viu și neviu. În anul 1962, un grup de cercetători de la Universitatea din statul Utah (S.U.A.) au făcut cunoscută o experiență în care virusul tutunului s-a înmulțit în afara celulelor gazdă. Toate acestea conduc la ideea că virusurile se află la granița dintre corpurile vii și materia lipsită de viață.

Alături de virusuri, ca forme primitive ale vieții sînt considerate *algele albastre*, forme unicelulare, la care nucleul încă nu a putut fi identificat, dar conțin granule de cromatină constituite din ADN. Metabolismul algelor albastre este labil, algele putînd fi autotrofe și heterotrofe. Algele albastre se pot dezvolta atît la temperaturi ridicate de +70°C, cît și la temperaturi scăzute de —80°C. O formă mai avansată o constituie bacteriile, care sînt unicelulare, iar nucleul nu are încă o membrană bine conturată. Unii biologi consideră că bacteriile provin din algele albastre.

7.4. Viața pe alte planete

Existența vieții pe alte planete este o problemă care a preocupat atît filozofii antichității cît și omul de știință contemporan.

Chimiștii au constatat că meteoriții căzuți pe Pămînt se compun din aceleași elemente ca și Pămîntul. Meteoriții, în special *meteoritul Murchinson*, căzut la 28 septembrie 1969 în localitatea cu același nume din Australia, sînt considerați ca probe în sprijinul existenței vieții pe alte planete. În meteoritul Murchinson s-au găsit 17 aminoacizi, printre care alanina, valina, prolina, glicina și acidul glutamic, în cantități relativ mari. Ultimii cinci sînt dextrogeni (D), formă sub care se găsesc extrem de rar pe pămînt. Se admite că acești aminoacizi sînt de natură extraterestră. Meteoritul Murchinson are o vîrstă de 4,5 miliarde ani, iar pe Pămînt primii aminoacizi s-ar fi format tot în aceeași perioadă sau ceva mai tîrziu. Substanțe organice cu semnificație biologică au mai fost descoperite și în alți meteoriți (Ivuna, Orgueil, Mighei, Cold Bokkeveld, Erakat, Murray,Mokoia etc.). Toate acestea au dus la concluzia că în afara planetei noastre a existat sau există încă o evoluție chimică.

Cercetările astrofizice au stabilit o serie de condiții necesare pentru ca evoluția chimică a vieții să treacă spre forma superioară, cea biologică. Dintre condițiile planetare menționăm: o distanță față de soare care să asigure acumularea de radiații solare necesare vieții; o masă (volum) care să asigure o forță de atracție ce permite existența atmosferei cu o anumită compoziție etc.

Explorarea cosmosului prin metode tehnice perfecționate a adus și va aduce multe date surprinzătoare despre starea planetelor și posibilitatea existenței vieții. Speranțele în existența vieții pe Lună au fost spulberate, continuă cercetările pentru Venus și Marte, care de fapt în comparație cu Pămîntul, nu se bucură de condiții destul de favorabile,

Scanned with OKEN Scanner

cel puţin în forma cunoscută de noi. Probabil că, în afara Pămîntului, nici una din planetele sistemului solar nu îndeplineşte condiţiile unor forme de viaţă evoluate, fiind posibile doar forme incipiente.

Multe ipoteze se fac pe baza calculelor de probabilitate. Fizicianul D o l e, apreciază că 5% din aştrii ar putea avea o planetă locuibilă. Pentru existenţa unei civilizaţii tehnologice este nevoie ca pe planeta respectivă să se fi scurs o perioadă de cîteva miliarde de ani pînă la apariţia fiinţei inteligente, plus cîteva mii de ani pînă la apariţia civilizaţiei. Conform unui calcul publicat de C a r l S a g a n, ar putea exista 40 000 de societăţi tehnologice, fiecare aflîndu-se la o distanţă medie de 1 200 de ani lumină de primele 10 planete vecine. Dintre civilizaţiile existente, după H o e r n e r, 10 ar putea realiza schimburi reciproce, alţii opinează pentru 3 şi chiar pentru 60.

CAPITOLUL 8

EVOLUŢIA SPECIILOR ŞI MECANISMELE EI

8.1. Specia, definiţii, caracteristici şi criterii

Specia este o unitate de bază în clasificare ce a interesat şi interesează un cerc foarte larg de specialişti. Deşi încercările de a se da speciei o definiţie ştiinţifică atotcorespunzătoare sînt destul de numeroase, pînă în prezent nu s-a reuşit o formulare care să corespundă tuturor categoriilor de vieţuitoare. De aceea, problemele legate de definiţia, caracteristicile structurale, geneza şi transformarea speciei reprezintă o preocupare de bază a multor naturalişti.

După ce J o h n R a y introduce, pentru prima dată, noţiunea de specie, conceptul de specie ca grup de organisme obiectiv existente este întîlnit în opera lui C. L i n n é, în care se menţionează universalitatea speciei, realitatea şi stabilitatea ei. Din concepţia lui C. L i n n é se desprinde ideea despre specie ca nivel de organizare. El spunea că orice individ aparţine în acelaşi timp unei anumite specii, gen, familii, ordin şi clasă.

Încercările de a se elabora o teorie ştiinţifică despre specie în perioada R a y — L i n n é au alcătuit *concepţia tipologică*. Această concepţie susţinea că o forţă divină a creat „tipul" fiecărei specii, care este imuabil, modificările fiind abateri imperfecte de la tipul iniţial.

Concepţia imuabilităţii speciilor a fost combătută de către G. B u f f o n şi apoi în mod din ce în ce mai convingător de către J. B. L a m a r c k şi Ch. D a r w i n, care au arătat că speciile se schimbă sub influenţa condiţiilor de viaţă şi a selecţiei naturale. Teoria evoluţionistă a scos în evidenţă, astfel, o particularitate de bază a speciei — *caracterul ei temporal*.

Dificultăţile întîlnite în această perioadă în definiţia speciei au determinat pe unii naturalişti să considere noţiunea de specie ca fiind

dată arbitrar unui grup de vieţuitoare în scopul de a face ordine în natură. Acest punct de vedere este greşit, deoarece nimeni nu poate pune la îndoială existenţa reală a speciilor care ne înconjoară.

Savantul român Emil Racoviţă criticînd „anarhismul" din sistematică şi în mod special tendinţa de a se nega realitatea speciilor a dat speciei o definiţie destul de completă: „orice colonie izolată de consîngeni".

Succesele înregistrate de genetică şi integrarea geneticii în darwinism au dus la formarea în ultimele decenii a *concepţiei biologice despre specie*. Lucrările lui K. M. Zavadski (1961), T. Dobzhansky (1966), J. Huxley şi E. Mayr (1969) subliniază că specia este o realitate obiectivă, care poate fi descrisă după mai multe criterii ştiinţifice.

K. M. Zavadski consideră că specia poate fi definită ţinîndu-se seama de următoarele zece caracteristici obligatorii:

— *numărul minim de indivizi* prin care specia poate fi reprezentată;

— *tipul de organizare,* bazat pe ereditatea comună a componenţilor speciei, care condiţionează asemănarea lor morfologică şi fiziologică;

— *modul de reproducere,* mijloc de continuitate a speciei şi a caracterelor ei ereditare;

— *discontinuitatea speciei,* care subliniază formaţiunile calitativ noi care se diferenţiază în interiorul speciei;

— *determinismul ecologic,* stabileşte locul speciei în economia naturii şi adaptările corespunzătoare condiţiilor şi relaţiilor create;

— *determinismul geografic* subliniază arealul ca trăsătură obligatorie pentru fiecare specie;

— *diversitatea formelor* din care se compune o specie ca sistem biologic;

— *caracterul istoric,* ce subliniază existenţa obiectivă a speciei şi în acelaşi timp caracterul ei temporal;

— *stabilitatea speciei* pentru o perioadă geologică oarecare;

— *integritatea* subliniază unitatea componenţilor speciei şi interrelaţiile ce se stabilesc între ei.

Aceste caracteristici, subliniază K. Zavadski, deşi sînt obligatorii pentru definirea speciei, se pot manifesta diferit de la o specie la alta. Discontinuitatea, de exemplu, poate fi puternic exprimată la speciile relicte şi mult mai slabă la speciile tinere.

Multe dintre definiţiile speciei pun accent pe izolarea reproductivă. Genetistul american T. Dobzhansky (1966), determină specia ca „o comunitate de populaţii mendeliene între care schimbul de gene este împiedicat sau strict limitat prin izolare reproductivă". T. Dobzhansky analizează mai multe specii care trăiesc împreună şi constată că ceea ce le caracterizează este imposibilitatea de a se încrucişa.

Zoologul american E. Mayr defineşte specia astfel: „Specia este o comunitate de populaţii naturale real sau potenţial interfecunde şi izolate din punct de vedere reproductiv de alte grupe analoge".

Din cele relatate reiese că definiţia speciei trebuie să îmbine o serie de criterii biologice de bază după care specia este: *o unitate naturală de indivizi cu morfologie, însuşiri fiziologice şi ereditare asemănătoare,*

Scanned with OKEN Scanner

care duc același mod de viață, ocupă o arie geografică determinată și sînt interfecunzi atît ei cît și descendenții lor. Speciei îi corespunde un anumit cariotip și o izolare reproductivă, ceea ce îi asigură o constanță relativă.

În definiția dată se desprind astfel criteriile de bază ale speciei: morfologic, fiziologic, biochimic, geografic, ecologic și genetic.

Criteriul morfologic se bazează pe fenotipul speciilor, care reflectă baza lor ereditară. Mult timp morfologia individului a fost considerată drept criteriu de bază în delimitarea speciilor. Pentru o serie de specii criteriul morfologic nu este suficient, deoarece indivizi deosebiți morfologic pot face parte din aceeași specie sau indivizi asemănători pot face parte din specii diferite. Așa este cazul la ascaride, la care speciile *Ascaris lumbricoides* și *A. suum* nu se pot distinge morfologic, ci numai după gazdă. Aceste dificultăți au determinat mulți biologi să obiecteze împotriva folosirii în exclusivitate a criteriului morfologic, deși acesta rămîne foarte important.

Criteriul fiziologic se referă la izolarea reproductivă, bazîndu-se pe faptul că speciile nu se încrucișează între ele, iar în cazul cînd se încrucișează descendenții sînt sterili. Criteriul nu are valabilitate absolută, deoarece multe specii se încrucișează și dau descendenți fecunzi, de exemplu cîinele cu lupul, cîinele cu șacalul, *Ovis aries* cu *Ovis ammon Karelini* sau la plante diferite specii de grîu etc.

Criteriul biochimic exprimă în mod fidel particularitățile genetice. Ca exemplu servește hemoglobina, care este diferită chiar la speciile aceluiași gen. La plante se întîlnesc deosebiri în produșii elaborați, alcaloizi, rășini, proteine etc.

Criteriul geografic are în vedere arealul de răspîndire și este valabil numai pentru o izolare totală, cum este cazul speciilor *Platanus occidentalis* din estul S.U.A. și *P. orientalis*. Aceste specii au aceeași bază ereditară, sînt interfecunde și în lipsă de izolare ele s-ar putea contopi.

Unii biologi consideră că izolarea geografică este obligatorie pentru apariția de noi specii (M. Wagner și E. Mayr) deși multe specii izolate au aceeași bază ereditară. Astfel, genetistul american K. Sax (1960) a studiat particularitățile genetice ale mai multor specii de pin ce s-au format prin izolare în condiții geografice și climatice diferite, în S.U.A., Himalaia și Japonia și care se deosebesc după o serie de însușiri morfologice esențiale. S-a constatat însă că aceste specii au același număr de cromozomi și se încrucișează dînd descendenți fertili. Deosebirile dintre ele pot fi condiționate astfel numai de modificarea unor gene în condițiile specifice fiecărui areal.

Caracterul unitar al speciei este determinat în primul rînd de fluxul de material ereditar, de genele, care se transmit de la o generație la alta, precum și de schimbul de gene între populațiile care alcătuiesc specia. Genotipul speciei este un sistem de gene echilibrat și stabilizat.

Criteriul genetic se bazează pe numărul și forma cromozomilor care, de regulă, diferă de la o specie la alta. Cînd numărul și forma cromozomilor nu prezintă particularități semnificative, deosebirile dintre specii se stabilesc prin încrucișări și analize hibridologice asupra des-

Scanned with OKEN Scanner

cendenţilor care pun în evidenţă deosebirile dintre specii, condiţionate de gene.

Dintre criteriile descrise nici unul nu are valoare absolută. În ultimele decenii, o atenţie deosebită se acordă criteriului genetic, vorbindu-se chiar de necesitatea revizuirii genetice a speciilor existente, deşi în multe cazuri este greu de delimitat speciile după numărul de cromozomi.

8.2. Mecanismele biologice ale evoluţiei

Realizările ştiinţelor biologice din ultimile decenii, în special cele de genetică, au aprofundat cunoştinţele noastre despre mecanismele evoluţiei. A fost realizată chiar sinteza mai multor specii de plante stabilindu-se astfel drumul lor evolutiv.

Pornind de la realitatea dovedită că însuşirile noi ale organismelor sînt condiţionate de modificări intervenite în suportul material al ereditătii, în prezent este unanim recunoscut principiul că în decursul erelor geologice vieţuitoarele au suferit modificări la baza cărora stau mutaţiile, recombinarea genetică, introgresia, poliploidia şi altele.

Mutaţiile. Genetica a stabilit că toate însuşirile organismelor sînt condiţionate de gene, care, deşi sînt stabile, în condiţii deosebite de mediu se modifică. Frecvenţa modificării genelor în stare spontană este mică, dar în decursul mileniilor le-a revenit un rol destul de important în evoluţie. Dintre mutaţiile ce apar majoritatea sînt nefavorabile, rolul selecţiei naturale constînd în reţinerea celor corespunzătoare care s-au înmulţit, au ocupat un areal corespunzător, devenind specii.

Zoologul englez E. B. Ford prezintă un caz elocvent de apariţie a unei specii noi prin modificarea genelor, condiţionată de schimbarea mediului înconjurător.

Înainte de puternica dezvoltare a industriei în Anglia era frecventă specia de fluturi *Biston betularia,* care are o culoare deschisă, ceea ce îi permite să se camufleze pe pereţi şi trunchiurile arborilor acoperiţi cu licheni. Culoarea deschisă a aripilor este condiţionată de gene recesive în stare homozigotă. Adesea se sesizau mutaţii dominante de culoare închisă, care, în comparaţie cu specia iniţială, posedau chiar o fecundaţie sporită. Cu toate acestea, mutaţia de culoare închisă nu s-a putut înmulţi, fiind uşor reperată de păsări.

Industrializarea a provocat, prin poluare, distrugerea lichenilor şi culoarea închisă a cojii arborilor, culoarea deschisă a speciei *Biston betularia* devenind uşor observabilă de păsări, în timp ce mutaţia de culoare închisă s-a dovedit mai bine adaptată noilor condiţii. Într-o perioadă de 50 ani mutaţia s-a transformat în specie nouă *B. carbonata.* Tendinţe asemănătoare s-au constatat la peste 70 de specii de fluturi din Anglia.

O serie de cercetări demonstrează că în procesul evoluţiei însuşirile de specii au fost frecvent afectate şi de modificări genice. Unul dintre exemple îl găsim în cadrul genului *Vaccinium L.* La specia *V. angustifolium* Ait. se întîlneşte forma *nigrum,* care după însuşirile morfologice a fost considerată specie separată. Genetiştii L. Aalders şi Holl

Scanned with OKEN Scanner

(1963) au constatat că *V. nigrum* diferă de *V. angustifolium* printr-o singură pereche de gene, care condiționează culoarea închisă a frunzelor. Alte însușiri morfologice prin care diferă specia *nigrum*, ca fructe glabre, ramuri curbate și frunze nepedunculate, lipsite de perișori pe partea centrală a nervurii principale sînt condiționate de genele localizate pe același cromozom cu gena culorii negre.

Unele mutații genice grăbesc procesul formării speciei prin apariția de bariere reproductive. Indivizii purtători de mutație nu se mai încrucișează cu formele inițiale, se izolează și se transformă într-o nouă populație. Genetistul A. Müntzing arată că în cadrul unei specii se izolează acele populații care în arealul speciei ocupă poziția extremă, unde condițiile de existență nu corespund întrutotul cerințelor optime ale speciei inițiale. Modificările genetice apărute la periferia arealului speciei sînt ușor de izolat, pe de o parte datorită poziției ocupate și condițiilor de existență care nu satisfac pe deplin specia inițială, iar pe de alta datorită unor avantaje oferite de gena modificată. Cu timpul, o astfel de populație se transformă în ecotip și apoi în specie.

Un rol important pentru apariția de mutații care afectează structura, fiziologia sau comportamentul îl au *restructurările cromozomice* și *modificarea numărului de cromozomi* la speciile inițiale. Cercetările de genetică au stabilit că unele specii se deosebesc prin mici restructurări ale cromozomilor. Astfel, G. Rosen (1940) constată că specia *Pisum abyssinicum Braun* se deosebește de *P. sativum L.* numai prin structura evident diferită a cromozomilor din perechile I și IV și a structurii puțin modificate din perechea VI. Cercetările lui H. Lamprecht au scos în evidență că specia *Pisum humile Boise, Hoe* se deosebește de *P. sativum* numai printr-o translocație reciprocă, adică printr-un schimb de fragmente intervenite între doi cromozomi.

Constatările lui G. Rosen și H. Lamprecht sînt dovezi evidente în sprijinul teoriei sintetice a evoluției.

Amploarea variabilității condiționate de modificarea genelor poate depăși uneori chiar însușirea de specie și chiar pe cea de gen. O astfel de mutație a apărut la specia *Clitoria ternata L.* Forma modificată avea flori involte, iar fenotipic mutația era atît de deosebită încît se putea considera că face parte din altă familie. Studiul genetic întreprins de N. Sen și R. Krishnan (1965) a stabilit că mutația se deosebește de forma inițială printr-o singură pereche de gene. Numărul speciilor ce se deosebesc printr-o singură pereche de gene este foarte mare și el crește pe măsură ce speciile sînt studiate din punct de vedere genetic.

Recombinările genetice. Prin recombinare se înțelege o așezare nouă a genelor existente în cromozom, în cursul fecundației cu gameți proveniți de la formele parentale. Recombinarea genetică duce la apariția de însușiri noi, constituind o sursă permanentă de variabilitate pentru speciație. Apariția de însușiri noi în urma recombinării genelor a fost condiționată de fenomenul de înmulțire sexuată. Recombinarea genetică se întîlnește de la cele mai simple virusuri pînă la organismele multicelulare cele mai complexe, ea constituie esența reproducerii sexuate.

Scanned with OKEN Scanner

Introgresia. Prin introgresie se înţelege fenomenul de recombinare genetică în care intervin gene de la specii diferite.

Biologul american Anderson consideră că introgresiei i-a revenit un rol deosebit în formarea de specii noi. Fenomenul poate fi schiţat astfel: în urma încrucişării a două specii diferite rezultă un hibrid fertil. Hibridul se încrucişează spontan cu una din formele parentale. Într-o astfel de încrucişare, una din formele parentale, deşi participă la o singură polenizare, reuşeşte să introducă în noua formă o serie de însuşiri alături de cele de la a doua formă parentală. A doua cale de apariţie a însuşirilor noi prin introgresie este autofecundarea hibridului obţinut.

Poliploidia. Este un fenomen biologic care constă în multiplicarea numărului de cromozomi caracteristici speciei iniţiale. Numărul şi forma cromozomilor este un criteriu de bază al fiecărei specii. Aşa, de exemplu, mazărea şi secara au cîte 14 cromozomi, porumbul 14, diferitele specii de grîu au 14, 28 şi 42 de cromozomi, musculiţa oţetului *(Drosophila melanogaster)* 8, porumbelul 80, omul 46 etc. Sînt multe specii care au acelaşi număr de cromozomi, aceştia avînd însă formă, mărime şi conţinut de gene diferit. Sub influenţa condiţiilor de mediu modificate, unele specii şi-au multiplicat numărul iniţial devenind poliploide. Dintre numeroasele forme poliploidizate, selecţia naturală a reţinut numai pe cele adecvate noilor condiţii de mediu, care au devenit specii noi.

Se cunosc două posibilităţi de formare a speciilor prin poliploidie: 1) multiplicarea numărului de cromozomi la specia iniţială, fenomen cunoscut sub denumirea de *autopoliploidie;* 2) încrucişarea spontană a două specii diferite, urmată de dublarea numărului de cromozomi la hibrid, fenomen denumit *alopoliploidie.* Speciile alopoliploide s-au dovedit a fi mai rezistente faţă de condiţiile nefavorabile de climă.

Dintre speciile cultivate, formate prin autopoliploidie, pot fi citate cartoful *(Solanum tuberosum)* $2n=48$, lucerna *(Medicago sativa)* $2n=32$, alunele de pămînt *(Arachis hypogea)* $2n=40$, arborele de cafea *(Coffea arabica)* $2n=22$, $2n=44$, $2n=66$, $2n=88$ şi altele, iar dintre cele alopoliploide speciile de grîu: *Triticum durum, T. dicoccum, T. dicoccoides, T. polonicum, T. turgidum* ($2n=28$), *T. spelta, T. aestivum* ($2n=42$), bumbacul *Gossypium hirsutum* ($2n=52$), trestia de zahăr *Saccharum officinarum* ($2n=80$), tutunul *Nicotiana tabacum* ($2n=48$) şi altele, precum şi numeroase specii din flora spontană.

Rolul deosebit de important al alopoliploidiei în formarea speciilor poate fi ilustrat prin apariţia speciei *Spartina townsendi* ($2n=126$) pe nisipurile de pe coasta maritimă din sudul Angliei. Noua specie provine din încrucişarea spontană a speciilor. *S. maritima* ($2n=28$) şi *S. alternifolia* ($2n=70$) urmată de dublarea numărului de cromozomi. Specia *S. townsendi* s-a dovedit mult mai adecvată condiţiilor de pe nisipuri, arealul ei se măreşte din an în an, eliminînd formele parentale precum şi alte specii din genul *Spartina.* Pe aceeaşi cale a apărut în anul 1900 specia *Primula Kewensis,* din încrucişarea speciilor *P. floribunda* şi *P. verticilata* urmată de dublarea numărului de cromozomi.

Variaţiile ereditare apărute în urma modificării bazei ereditare nu constituie specii consolidate, ci are loc un îndelungat proces de selecţie

Scanned with OKEN Scanner

naturală, care triază cu multă severitate noile forme, reținînd pe cele mai bine adaptate. Desfășurarea procesului de evoluție a speciilor poate fi influențat și de relațiile ce se stabilesc cu alte specii. Se apreciază că evoluția rapidă a angiospermelor a fost favorizată la sfîrșitul cretacicului de apariția albinelor și a altor insecte, care au transportat polenul, precum și de înmulțirea păsărilor, care au răspîndit seminţele. Influența evoluției de interrelațiile ce se stabilesc între viețuitoare poate fi exemplificată și prin distrugerea pteridofitelor și a multor specii de gimnosperme, caracterizate prin regenerare greoaie, de către dinozauri. Exemplele prezentate ilustrează cum relațiile dintre specii pot favoriza sau împiedica evoluția.

8.3. Modalitățile speciației

Modificările apărute, indiferent de originea lor (recombinare genetică, mutații, poliploidie, hibridare îndepărtată sau introgresie) constituie prima fază a speciației. Pentru a ajunge la rangul de subspecie și apoi la cel de specie este necesară întreruperea fluxului de gene dintre mutație și specia inițială. Au fost descrise mai multe modalități prin care se realizează speciația, din care un interes mai deosebit prezintă speciația alopatrică și speciația simpatrică.

Speciația alopatrică. Este izolarea geografică a indivizilor modificați, ceea ce prezintă avantaje de a supraviețui în lupta pentru existență. M. Wagner și E. Mayr consideră izolarea geografică obligatorie pentru geneza speciilor. Concepția este acceptată de majoritatea biologilor și se bazează pe deducția că forma modificată evoluează divergent față de specia inițială, în noi condiții de mediu și sub acțiunea selecției naturale. Pot fi date foarte multe exemple de speciație alopatrică, atît din lumea animală cît și cea vegetală.

În cuaternar, arealul circumpolar al speciei de pescăruș *(Larus argentatus)* a fost fragmentat. Populațiile izolate au evoluat divergent, în Europa de vest s-a diferențiat specia *Larus fuscus,* iar pe coasta atlantică din nord-estul Americii de Nord specia *L. glaucoides.* După retragerea gheţarilor, speciile *L. fuscus* și *L. glaucoides* s-au reîntîlnit, dar nu s-au mai încrucișat, fiecare specie avînd deosebiri esențiale de comportament.

Un alt exemplu îl prezintă evoluția raselor de pițigoi mare, care au evoluat divergent timp de milenii, după care rasele *Parus major major** s-a întîlnit cu rasa *P. major minor* dar nu s-au mai încrucișat între ele.

În speciația alopatrică, în afara izolării prin fragmentare a arealului ocupat de o specie, intervin o serie de factori ecologici condiționați de extinderea speciei pe teritorii cu condiții diferite, factori care afectează trăsăturile populațiilor mai profund decît izolarea geografică. Ca exemplu pot servi rasele peștelui *Cobitis (Sabanejewia) aurata,* descrise de P. Bănărescu (1973); în apele din vestul țării noastre,

* După nomenclatura binară a lui Linné specia se compune din denumirea genului și a speciei. Pentru rasele geografice se adaugă al treilea nume.

Scanned with OKEN Scanner

în Transilvania şi nordul Moldovei se întîlneşte subspecia *Cobitis aurata balcanica*, în sudul Moldovei şi estul Munteniei *C. a. vallachica*, iar în Dunăre şi Muntenia *C. a. bulgarica*. În unele rîuri din Muntenia, subspeciile *vallachica* şi *bulgarica* se întîlnesc, coexistă, dar nu se încrucişează.

Deşi se pare că speciaţia allopatrică constituie una din căile principale care a contribuit la diversificarea speciilor, unele date arată că o serie de specii considerate autentice, ajungînd în contact, pot fuziona complet.

Speciaţia simpatrică. Existenţa mai multor specii pe acelaşi areal din acelaşi gen şi chiar foarte apropiat este greu de explicat prin izolare geografică. Ar trebui să acceptăm că aceste specii s-au format prin fragmentare geografică, iar după formare s-au întors în spaţiul iniţial.

S-a ajuns la concluzia că în speciaţie esenţialul constă în *izolarea reproductivă* a formelor modificate. Această teorie susţinută de B. Rensch, J. Huxley şi alţii se bazează pe unele dovezi ale geneticii. Astfel, aşa cum s-a arătat, destul de des mutaţiile pot crea bariere în încrucişarea mutantei cu restul populaţiei, aceasta constituind un punct de plecare pentru o nouă specie. Poliploidia, introgresia şi hibridarea îndepărtată constituie, de asemenea, surse de material iniţial pentru speciaţie, care pot fi încadrate în speciaţia simpatrică.

Problema speciaţiei este mult mai vastă şi nu poate fi redusă la *izolarea geografică* şi cea reproductivă. Un rol important a revenit *izolării ecologice,* prin adaptare faţă de condiţii de mediu diferite, fără a fi extins arealul geografic. În estul S.U.A., de exemplu, se întîlnesc două specii îndeaproape înrudite de stejar, *Quercus occidentalis* şi *Q. velutina,* care se pot încrucişa, dar se menţin datorită faptului că prima este adaptată pe soluri mlăştinoase şi acide, iar a doua pe soluri uscate. Se poate constata astfel, că este greu de stabilit forme „pure" de speciaţie. Se mai pot observa şi alte forme de izolare, determinate de maturitatea sexuală în perioade diferite, izolare morfo-fiziologică condiţionată de incompatibilitate în fecundaţie, datorită structurii şi funcţiilor organelor reproducătoare şi multe altele.

Viteza evoluţiei. Datele paleontologice existente arată că diferitele grupe de vieţuitoare au evoluat în ritm diferit. Mamiferele, în comparaţie cu celelalte vertebrate, au evoluat rapid, amfibienii, în comparaţie cu mamiferele, au evoluat lent, iar lamelibranhiatele foarte lent. Dintre lamelibranhiate, *Nucula* este cunoscută din devonian, *Arca* şi *Limopsis* din triasic, iar genul *Nautilus* are specii puţin diferenţiate de cele din eocen. În genul de insecte *Blatta* se găsesc specii asemănătoare cu cele din paleozoic etc.

Viteza evoluţiei a fost influenţată atît de factori externi cît şi de factori interni. Majoritatea biologilor consideră că factorii externi au avut rolul hotărîtor în condiţionarea vitezei de evoluţie. Unele experienţe de genetică demonstrează că dintre factorii interni un rol important revine unor gene care se modifică cu o frecvenţă mai mare decît altele. La porumb, de exemplu, modificarea genelor care condiţionează culoarea şi conţinutul endospermului are o frecvenţă mult sporită în comparaţie cu alte însuşiri.

Scanned with OKEN Scanner

Unitatea de măsură pentru viteza evoluției este numărul de genuri și specii apărute într-o perioadă geologică oarecare. G. Simpson distinge trei tipuri de evoluție: *horotelică,* cu viteză medie, *braditelică,* cu o viteză mai redusă decît cea horotelică și *tahitelică,* cu viteză rapidă.

Cauzele care fac ca o linie de vietuitoare să treacă de la viteza medie de evoluție, horotelică, la o viteză tahitelică, rapidă, chiar explozivă, constau în modificarea mediului exterior și în noile relații ce se stabilesc între acesta și vietuitoare.

La începutul miocenului, familia *Bovidae* (bovine, ovine, caprine și antilopa) avea un singur gen, la sfîrșitul miocenului 5, în pliocen 60, în pleistocen 67, iar astăzi 57 de genuri, observîndu-se un declin. În evoluția rozătoarelor *Muridae,* apărute în pliocen, se înregistrează 12 genuri în pleistocen, iar în prezent sînt 92 de genuri.

În evoluție se pot distinge trei perioade: *tinerețea,* caracterizată prin număr mic de specii și evoluție lentă, *maturitatea,* caracterizată prin număr mare de specii, evoluție rapidă și *stabilitatea* sau *declinul,* exprimat prin dispariția unor specii, consolidarea prosperă a altora, care evoluînd lent se transformă în linii evolutive.

Orientarea evoluției. Pe baza datelor furnizate de paleontologie se ajunge la concluzia că vietuitoarele au evoluat într-o ordine de complexitate crescîndă, corespunzînd progresului biologic, care a conferit vietuitoarelor structură și funcții avantajoase și o independență mai mare față de mediul extern.

Seriile de fosile de care dispunem pentru explicarea evoluției la ecvide subliniază evoluția taliei, a formei membrelor și a dinților. Creșterea taliei a favorizat atingerea unei viteze de fugă din ce în ce mai mare, calul devenind astfel mai ferit de atacul altor animale sălbatice, membrele au evoluat adecvat aceluiași scop, cele patru degete ale copitei reducîndu-se la unul, iar dentiția a favorizat masticația ierburilor.

În explicarea evoluției nu trebuie avut în vedere numai un singur caracter, ci un complex de caractere. Evoluția rectilinie este rezultatul unei evoluții desfășurate în mai multe direcții, direcția mai bine adaptată devenind predominantă, fiind menținută și fortificată de selecția naturală.

Legile evoluției. Evoluția trebuie privită ca un proces istoric, guvernat de o serie de legi biologice.

Legea progresului biologic este dovedită de evoluția vietuitoarelor de la simplu la complex, permițînd o mai bună utilizare a resurselor existente în mediul înconjurător. Se deosebesc două noțiuni de progres, progresul biologic și progresul morfo-fiziologic.

Progresul biologic, după N. Severțov se caracterizează prin creșterea numărului de indivizi, creșterea arealului de răspîndire și diferențierea de forme noi.

Progresul morfo-fiziologic constituie de fapt o cale de manifestare prosperă a progresului biologic. Modificările morfo-fiziologice — *aromorfozele* — au constituit puncte nodale în procesul evoluției, condiționînd apariția taxonilor superiori, ca încrengăturile, clasele sau a trăsăturilor de ordin mai general. Din numeroasele exemple de aromorfoză ne putem referi la compartimentarea inimii, care se realizează

Scanned with OKEN Scanner

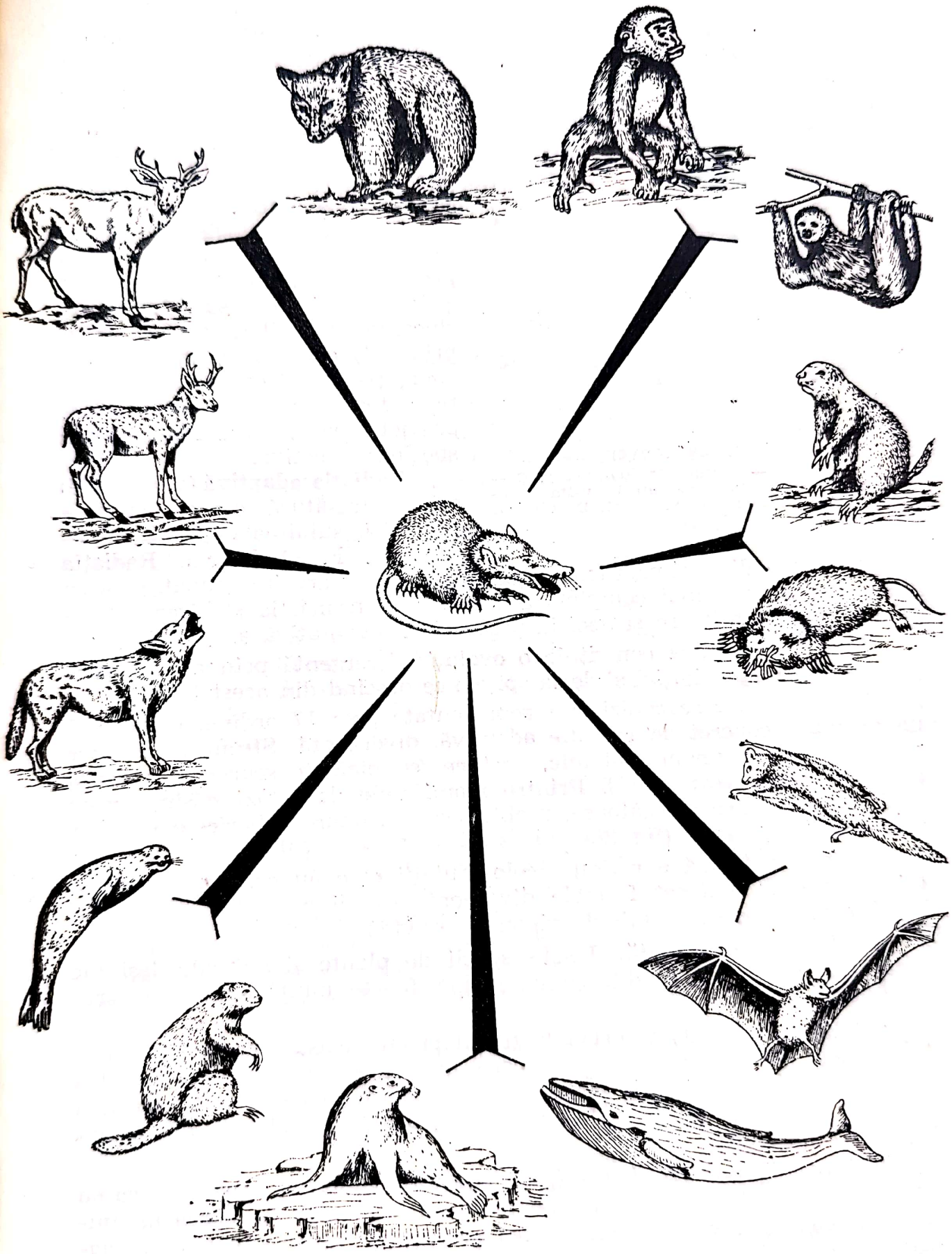


Fig. 28. Radiația adaptivă (după C. A. Villee și V. G. Dethier, 1971).

Scanned with OKEN Scanner

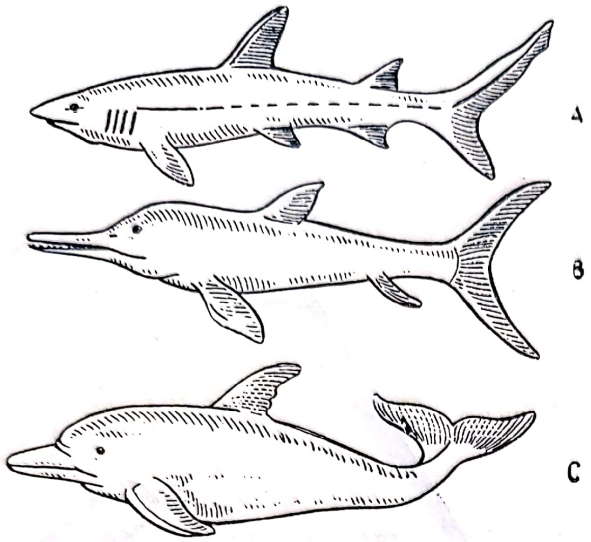


Fig. 29. Evoluția convergentă:
A — rechin; *B* — reptilă *(Ichtyosaurus)*; *C* — mamifer (delfin), toți adaptați la viața acvatică (Din C. A. Villee și V. G. Dethier, 1971).

treptat în evoluția vertebratelor, permițînd dezvoltarea proceselor de nutriție, termoreglare și altele. Un alt exemplu de aromorfoză este apariția procesului sexual, care a dus la recombinarea genetică și prin aceasta la accelerarea procesului evolutiv.

Progresul biologic este determinat în anumite situații de regres morfo-fiziologic, exprimat prin simplificarea structurii, reducerea funcțiilor, uneori chiar prin dispariția a numeroase organe, pînă la trecerea la parazitism, toate acestea asigurînd supraviețuirea și buna răspîndire a speciei respective.

Radiația adaptivă (divergentă) este o trăsătură caracteristică a evoluției, subliniată de paleontologul H. F. Osborn. Radiația adaptivă se realizează prin emigrarea speciei de pe arealul ocupat, ceea ce duce la utilizarea mai completă a surselor de hrană, la slăbirea concurenței între viețuitoare și deci la prosperitatea evolutivă a speciei.

Radiația adaptivă constituie o evoluție divergentă prin abateri progresive de la tipul inițial și de la spițele ce descind din acest tip.

Mamiferele, care astăzi sînt reprezentate prin 17 ordine, reprezintă un exemplu concret de radiație adaptivă, divergentă. Strămoșul multor mamifere a fost un animal mic, nocturn, cu picioare scurte, care călca pe toată talpa *(plantigrad)*. Printre mamiferele de astăzi găsim forme subterane, terestre alergătoare, umblătoare, săritoare arboricole și chiar zburătoare și acvatice (fig. 28).

Selecția naturală a reținut acele mutații care au corespuns mediului în care au emigrat formele divergente (bunii alergători în cîmpie, bunii înotători în apă, bunii zburători în aer etc.).

Evoluția convergentă. Unele specii de plante și animale deși fac parte din taxoni neînrudiți se aseamănă foarte mult după exteriorul morfologic (fig. 29).

Cîrtița (insectivor) și orbetele (rozător) au însușiri morfologice asemănătoare, datorită unor organe care îndeplinesc funcții comune. Un exemplu clasic de evoluție convergentă îl oferă forma hidrodinamică a corpului la pești, reptile (ichtiozauri) și mamifere (delfini), toți adaptați la viața acvatică.

Mai pot fi amintite *legea ireversibilității evoluției*, conform căreia un organ odată transformat nu poate reveni niciodată la starea lui inițială, precum și legile: *complexitatea crescîndă, creșterea taliei, specializarea progresivă, unitatea planului de structură, unitatea structurii chimice, corelația organelor, legea biogenetică* și altele.

Scanned with OKEN Scanner

8.4. Formele evoluției

Evoluția viețuitoarelor poate fi explicată numai îmbinînd mecanismele biologice ale speciației cu principiile selecției naturale.

Condițiile externe, în strînsă legătură cu mecanismele genetice, duc la diversificarea indivizilor din care se compune specia. Caracterele folositoare în anumite condiții de mediu, pot fi asociate cu capacitatea individului de a se apăra sau de a fi mai rezistent la boli și intemperii etc. Trăsătura importantă a unui caracter adaptativ este că el mărește șansa descendenților săi în lupta cu condițiile de mediu.

Sub acțiunea selecției naturale însușirile ereditare care conferă adaptabilitate superioară se acumulează treptat, modificînd constituția genetică a populației.

Selecția naturală operează asupra fenotipurilor, care în esență exprimă variabilitatea genotipică; se poate spune că în măsura în care variabilitatea genotipică este exteriorizată prin fenotip, selecția naturală separă genele operînd asupra indivizilor. Prin aceasta, genele se diferențiază și se constituie linii evolutive independente, populații, apar rasele, care, la rîndul lor, devin specii, însoțite de instalarea izolării reproductive.

Evoluția începe prin schimbarea constituției ereditare a populațiilor, în urma căreia între formele strămoș-urmaș apar deosebiri, care determină ieșirea populației din starea de echilibru genetic.

Mecanismele prin care se menține starea de echilibru a populațiilor și factorii care modifică acest echilibru constituie un important capitol al geneticii (vezi cap. *Genetica populațiilor*).

Principiul de bază al geneticii populațiilor, formulat în anul 1908 de către Hardy și Weinberg, arată că o populație alogamă infinit de mare și cu fecundație întîmplătoare posibilă între oricare dintre indivizi, se menține neschimbată atîta timp cît o serie de factori, ca selecția, mutația etc. nu intervin asupra genotipului, în sensul modificării lui.

Microevoluția, macroevoluția și megaevoluția. Teoria sintetică a evoluției, modalitățile speciației și o serie de caracteristici descrise pînă acum scot în evidență evoluția ca un sistem unitar de procese complexe, din interacțiunea cărora rezultă transformarea continuă a speciilor.

În ultimele decenii o serie de biologi au enunțat ipoteze conform cărora diferențierea viețuitoarelor în specii, genuri, familii, clase și încrengături nu poate fi explicată printr-o evoluție unitară, existînd mai multe căi evolutive.

Acceptînd microevoluția ca proces valabil numai pentru diferențierea speciilor, în cadrul genului, prin *micromutații* și *selecție naturală*, R. B. Goldschmidt consideră că pentru unitățile sistematice superioare speciilor, micromutațiile sînt insuficiente, preconizînd o categorie specială de mutații — *sistemice*, care ar afecta toți cromozomii deodată. Aceste mutații ar duce la deosebiri de taxoni superiori, alcătuind macroevoluția.

G. Simpson susține că geneza claselor și încrengăturilor este la rîndul ei un proces deosebit de macroevoluție denumit de el *megaevoluție*.

Scanned with OKEN Scanner

Succesele geneticii arată că în afara mutaţiilor, a recombinărilor genetice, poliploidiei, hibridării îndepărtate şi introgresiei nu există alte surse de variabilitate. Aceste mecanisme acţionează din cele mai timpurii ere geologice, rezultatul lor fiind supus în permanenţă selecţiei naturale.

8.5. Dovezi privind evoluţia speciilor

Teoria ştiinţifică a evoluţiei a fost fundamentată de Ch. Darwin pe baza datelor furnizate de ştiinţele biologice, de practica agricolă, de realizările din alte ştiinţe şi pe baza observaţiilor şi experienţelor făcute de marele savant.

Dezvoltarea în continuare a ştiinţelor biologice a confirmat justeţea teoriei evoluţioniste aducînd în plus noi dovezi care o confirmă.

Dovezi chimice şi celulare. Compoziţia chimică şi structura materiei vii demonstrează originea comună a tuturor vieţuitoarelor. Din capitolul precedent reiese că nu există elemente chimice specifice regnului animal sau vegetal. Aceeaşi afirmaţie este valabilă şi pentru aminoacizi, enzime şi vitamine. Codul genetic prin care se coordonează biosinteza proteinelor este universal, de la cele mai simple organisme pînă la om.

Viaţa apărută pe un plan chimic şi biochimic unitar a evoluat prin diferenţierea posibilităţii de realizare a structurilor şi funcţiilor specifice multiplelor grupe de organisme. Începînd de la planul molecular unitar s-a realizat evoluţia divergentă a materiei vii, dovedită prin marea diversitate a substanţelor proteice caracteristică nu numai speciilor dar chiar raselor, soiurilor şi indivizilor.

Unii compuşi chimici, cum este canavanina în familia leguminoaselor, pot servi la stabilirea gradului de înrudire dintre specii şi genuri şi chiar a poziţiei sistematice.

Cercetările citologice la nivelul microscopului optic şi electronic au demonstrat structura comună la plante şi animale. Constituenţii celulari de bază, ca membrana plasmatică, ribozomii, mitocondriile, cromozomii şi altele au aproape acelaşi aspect la toate celulele. În ultimul timp s-a descoperit că aparatul Golgi, considerat caracteristic celulei animale, este prezent şi în celulele vegetale. Diviziunile celulare, fecundaţia şi recombinările genetice sînt universale pentru toate vieţuitoarele cu înmulţire sexuată. Mecanismul cromozomic de determinare a sexului este valabil şi pentru speciile de plante cu sexul diferenţiat.

Modalităţile de realizare a formei, structurii şi funcţiei au evoluat divergent, în funcţie de condiţiile de existenţă la care speciile s-au adaptat.

Dovezi biochimice. Evoluţia vieţuitoarelor şi chiar originea comună a plantelor şi animalelor este dovedită din ce în ce mai mult prin similitudinea structurii biochimice.

Structura hemoglobinei (pigment respiratoriu), *a citocromului c* (pigment respiratoriu întîlnit la toate speciile de plante şi animale studiate pînă în prezent) şi a hormonilor *ocitocina* şi *vasopresina* (întîlniţi la animale, fiind elaboraţi de hipotalamus şi avînd un rol multiplu în organism) a fost bine studiată în ultimii ani. S-a constatat că din 141

Scanned with OKEN Scanner

de poziţii ale aminoacizilor din lanţul α de hemoglobină, 97 ocupă o poziţie comună la om, maimuţe inferioare, cai, şoareci şi oi. Aceeaşi concluzie este valabilă şi pentru lanţul β.

În structura citocromului c s-a constatat o legătură directă între înrudirea filogenetică şi numărul de poziţii de aminoacizi comuni. De exemplu, omul şi cangurul, deşi s-au separat demult din trunchiul comun, au încă 94 de aminoacizi comuni; omul şi drojdia de bere separaţi de sute de milioane sau chiar miliarde de ani, mai au 64 de puncte comune. La om, balenă şi grîu, în poziţia 104, există acelaşi aminoacid (C. Maximilian, 1973).

Hormonii *ocitocina* şi *vasopresina* sînt constituiţi din 8 aminoacizi, dintre care 6 sînt comuni (acidul aspartic, cistina, acidul glutamic, glicina, prolina şi tirozina), ocitocina conţine în plus leucina şi izoleucina, iar vasopresina conţine arginina şi fenilalanina. Deosebirile dovedesc că iniţial a existat un singur hormon, cel de-al doilea a apărut datorită unei mutaţii genetice. Structura celor doi hormoni este întîlnită la om, bovine, cal, oaie, cămilă şi maimuţe. Biologia moleculară ne oferă şi alte dovezi biochimice.

Dovezi de anatomie comparată. Omologia organelor este dovada care reflectă procesul istoric de dezvoltare a vieţuitoarelor cu origine comună în condiţii diferite. Organele omologe deşi au structură asemănătoare îndeplinesc funcţii diferite şi au formă externă diferită. Exemplul cel mai elocvent îl constituie membrele vertebratelor, care au schelet cu alcătuire asemănătoare de la amfibieni pînă la mamifere. Creierul, deşi la vertebrate au avut loc modificări esenţiale în special prin dezvoltarea emisferelor, poate servi ca exemplu de origine comună de la peşti şi pînă la mamifere, fiind alcătuit din aceleaşi părţi: lobi olfactivi, emisfere cerebrale, lobi optici, cerebel, bulb şi altele.

La dovezile de anatomie comparată pot fi adăugate numeroase exemple de probe din embriologia comparată, multe dintre ele cunoscute şi de Ch. Darwin.

Studiile de embriologie comparată servesc în prezent ca metodă ajutătoare în stabilirea exactă a apartenenţei taxonomice a multor specii sau grupe sistematice.

Dovezi paleontologice. Paleontologia aduce în sprijinul teoriei evoluţiei speciilor cele mai bogate şi concludente dovezi. Prin metodele moderne de investigaţie, bazate pe cunoaşterea perioadei de descompunere radioactivă lentă a unor elemente chimice (uraniu 238) sau folosind izotopii de potasiu, argon sau C^{14} s-a constatat că organizarea speciilor a fost cu atît mai evoluată cu cît formaţiunile geologice sînt mai recente.

Fosilele descoperite în straturile diferitelor perioade geologice demonstrează apariţia şi evoluţia vieţii de la cele mai simple forme de viaţă la recenta civilizaţie umană.

Din tabelul 3 reiese că primele plante terestre, peştii şi primele reptile au apărut în silurian, păsările adevărate şi mamiferele insectivore în cretacic, iar cu mult mai tîrziu în pliocen au apărut strămoşii direcţi ai omului.

Paleontologia subliniază diversificarea formelor pornind de la strămoşi comuni, dispariţia formelor necorespunzătoare şi înlocuirea lor cu

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3

Erele geologice şi evoluţia speciilor (din N. Botnariuc, 1974, modificat)

Erele	Perioadele	Durata în milioane de ani	Condiţiile abiotice	Principalele evenimente biologice
0	1	2	3	4
Precambrian	Archaic	2 000	Fenomene vulcanice intense	Lipsesc fosilele. Prezent grafitul. Începuturile vieţii (microorganisme).
	Proterozoic	1 000		Alge, ciuperci, protozoare. La sfîrşitul perioadei apar viermi, spongieri, echinoderme, moluşte, artropode acvatice, are loc formarea solului.
Paleozoic (Era vieţii vechi)	Cambrian	80	Climă temperată	Continuă apariţia algelor şi bacteriilor. Apar celenteratele din clasa *Scyphozoa;* apare *Chaetognata,* dintre echinoderme apar *Asteroidea, Holoturoidea,* apar moluşte, cefalopode, crustacee şi altele. La sfîrşitul perioadei existau toate încrengăturile de nevertebrate. În cambrian erau peste 1 000 de specii de trilobiţi.
	Ordovician	80	Climă caldă, transgresiuni marine	Abundă algele marine, coralieri, trilobiţi, moluşte şi brachipode. Apar primele cordate.
	Silurian	50	Clima devine mai secetoasă; ridicarea treptată a uscatului; mări continentale mari	Abundă algele, apar primele plante terestre *(Psilofitale);* apar *Hydrozoa* şi *Anthozoa* dintre celenterate, *Amphineura* dintre moluşte (genul actual *Chiton*). Dintre echinoderme apar clasele *Ophiuroidea* şi *Echinoidea.* Abundă gigantostraceii şi agnatele, apar artropode terestre, insecte fără aripi, scorpioni, peştii placodermi şi cartilaginoşi.
Paleozoic (Era vieţii vechi)	Devonian	50	Continuă ridicarea uscatului, numeroase glaciaţiuni, climă aridă, mări continentale mici	Floră terestră bogată, primele păduri de pteridofite. Apar: cefalopodele *(Amoniţi),* gasteropodele *(Pulmonatae),* crustacei *(Phyllopode),* miriapode, peşti cartilaginoşi (ord. *Cladoselechii, Pleuracanthodi, Selachii*), peşti osoşi (ord. *Chondrostei*), primele amfibii (stegocefali).
	Carbonifer	85	Clima caldă de la început se răceşte din cauza ridicării continentelor. În zonele mlăştinoase se formează zăcăminte de cărbuni	Extinderea licopodialelor, apar gimnospermele, extinderea maximă a crinoidelor, apar gasteropode opistobranchiate, numeroase ordine de insecte; extinderea stegocefalilor, printre care apare ordinul *Seymouriamorpha* care face trecerea spre reptile; apar primele reptile *(Cotylosauria)*

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 3 (continuare)

0	1	2	3	4
	Permian	15	Clima devine tot mai aridă	Reducerea licopodialelor şi a pteridospermelor, dispar grupe vechi de trilobiţi, apar ordinele actuale de insecte. Diversificarea reptilelor, apar reptile cu trăsături de mamifere *(Therapsida).*
Mezozoic	Triasic	60	Climă aridă	Dispar stegocefalii; continuă diversificarea reptilelor, apar ordine actuale ca *Rhynochocephalia* şi *Crocodilia;* apar noi ordine cu trăsături de mamifere *(Dinosauria* şi *Ictidosauria);* apar mamifere monotreme.
	Jurasic	30	Regresiunea oceanelor. Australia se separă de celelalte continente	Apar genuri actuale de conifere; dintre amfibii apar anurele; apar reptile zburătoare *(Pterodactylus);* păsări cu dinţi *(Archaeopteryx, Archaeornis);* dinosaurienii ating maximum de dezvoltare; apar mamifere marsupiale.
	Cretacic	60	Formarea munţilor Alpi, Himalaia, Anzi, Cordilieri	Apar fanerogamele; dispar dinosaurienii, dispar păsările cu dinţi; apar păsările adevărate, apar şi se extind mamifere insectivore.
Terţiar	Paleocen	10		Extinderea mamiferelor primitive; apar mamifere din ordinul *Carnivora.*
	Eocen	20	Climă caldă	Apar multe din genurile actuale de păsări. (*Aquila, Numenius* etc.).
	Oligocen	10	Climă caldă	Extinderea maximă a pădurilor; apar alte genuri actuale de păsări (*Pelecanus, Anas, Motacilla* etc.). Dintre mamifere apar *Sorex, Talpa* etc.; trăiesc strămoşii maimuţelor antropoide.
	Miocen	15	Răcirea treptată a climei	Continuă diversificarea păsărilor, apar noi genuri (*Otis, Ardea* etc.); extinderea şi diversificarea mamiferelor, apar noi genuri (*Sus, Tapirus, Canis, Lutra* etc.); apar primele maimuţe antropoide.
	Pliocen	19		Reducerea pădurilor, extinderea cîmpiilor; extinderea fanerogamelor, mai ales a monocotiledonatelor; apar păsări şi mamifere şi chiar specii actuale (*Capreolus, Bos, Bison, Capra, Girafa, Camelus, Equus, Rhinocerus, Elephas, Ursus, Felis, Simia, Macacus, Papio* etc.); apar strămoşii direcţi ai omului.
Cuaternar	Pleistocen	1	Glaciaţiuni repetate	Dispar multe specii de plante, multe mamifere mari; apare omul.
	Holocen	0,025	Sfîrşitul glaciaţiunilor; încălzirea climei	Extinderea plantelor ierboase; epoca omului.

Scanned with OKEN Scanner

forme superioare. Ritmul și direcția diversificării speciilor au fost influențate de schimbarea climei și de modificarea raportului dintre uscat și apă intervenit în urma proceselor de orogeneză, fiind cunoscute mai multe ridicări muntoase, dintre care orogeneza alpină este relativ mai recentă.

Dovezi biogeografice. Paleogeografia demonstrează că pămîntul a suferit mari și repetate schimbări geologice, urmate de formări de munți, glaciațiuni, izolări etc., care au condiționat izolarea viețuitoarelor și evoluția lor divergentă.

Importanța factorilor biogeografici în diferențierea viețuitoarelor este dovedită de fauna și flora din arhipelagul Galapagos, insulele Hawai, Madagascar și altele, care se caracterizează printr-un caracter de endemism pronunțat. Din 108 specii de păsări cunoscute în insulele arhipelagului Galapagos, 82 sînt endemice. Genul *Geospiza* (înrudit cu cintezele) este reprezentat prin 37 de specii endemice adaptate și chiar specializate la variate condiții de hrană și cuibărit. O situație asemănătoare de endemism prin radiație adaptivă se întîlnește la reptile.

Un exemplu sugestiv de evoluție sub influența condițiilor biogeografice ni-l prezintă grupul ecvidelor (*Equidae*). Strămoșul calului este semnalat în eocen prin genurile *Eohippus* și *Hyracotherium,* fiind reprezentate prin animale de dimensiunile pisicii, cu patru degete la picioarele anterioare și trei la cele posterioare. Dentiția era slabă, dezvoltată pentru hrănirea cu lăstari și frunziș fraged. Urmează *Orohippus* și *Epihippus* (în eocen), *Mezohippus* și *Miohippus* (în oligocen), cu talie mai mare și dentiție mai puternică, iar numărul degetelor se reduce la trei pentru ambele perechi de membre (fig. 30). Din *Miohippus* se evoluează treptat prin genuri succesive ca *Parahippus, Meryhippus* și *Pliohippus* spre genul *Equus,* calul actual, efectuîndu-se trecerea de la trei degete la un deget, creșterea taliei și modificarea dentiției adecvate hrănirii cu iarbă.

Dovezi genetice. Cercetările de genetică întreprinse de N. Vavilov au dus la stabilirea centrelor genetice de origine a plantelor de cultură. Au fost identificate 8 centre genetice, și anume:

1. *China,* pentru mei, sorg, ovăz golaș, cînepă și altele;
2. *India,* de unde provin orezul, năutul, trestia de zahăr etc.;
3. *Asia Centrală,* pentru grîul comun (*Triticum aestivum*), secară, mazăre, linte, bob, in, coriandru etc.;
4. *Asia Mică,* de unde provine alacul — *Triticum monococcum; T. durum,* lucerna, măzărichea de toamnă și de primăvară, năutul și altele;
5. *Regiunea Mediterană,* pentru *Triticum durum, T. spelta,* orz, bob, lupin, trifoi alb, sfeclă, hamei etc.;
6. *Etiopia,* pentru *T. durum, T. dicoccoides* (tenchi), orz, sorg, mazăre, linte, năut, ricin și altele;
7. *Mexicul, America Centrală,* pentru porumb, floarea-soarelui, fasole, tutun și bumbac cu fibră scurtă — *Gossypium hirsutum;*
8. *America de Sud,* pentru porumb, fasole și bumbac cu fibră lungă — *G. barbadense.*

Acestor centre li se adaugă *Brazilia* pentru cartof și *Paraguay* pentru alunele americane.

Scanned with OKEN Scanner

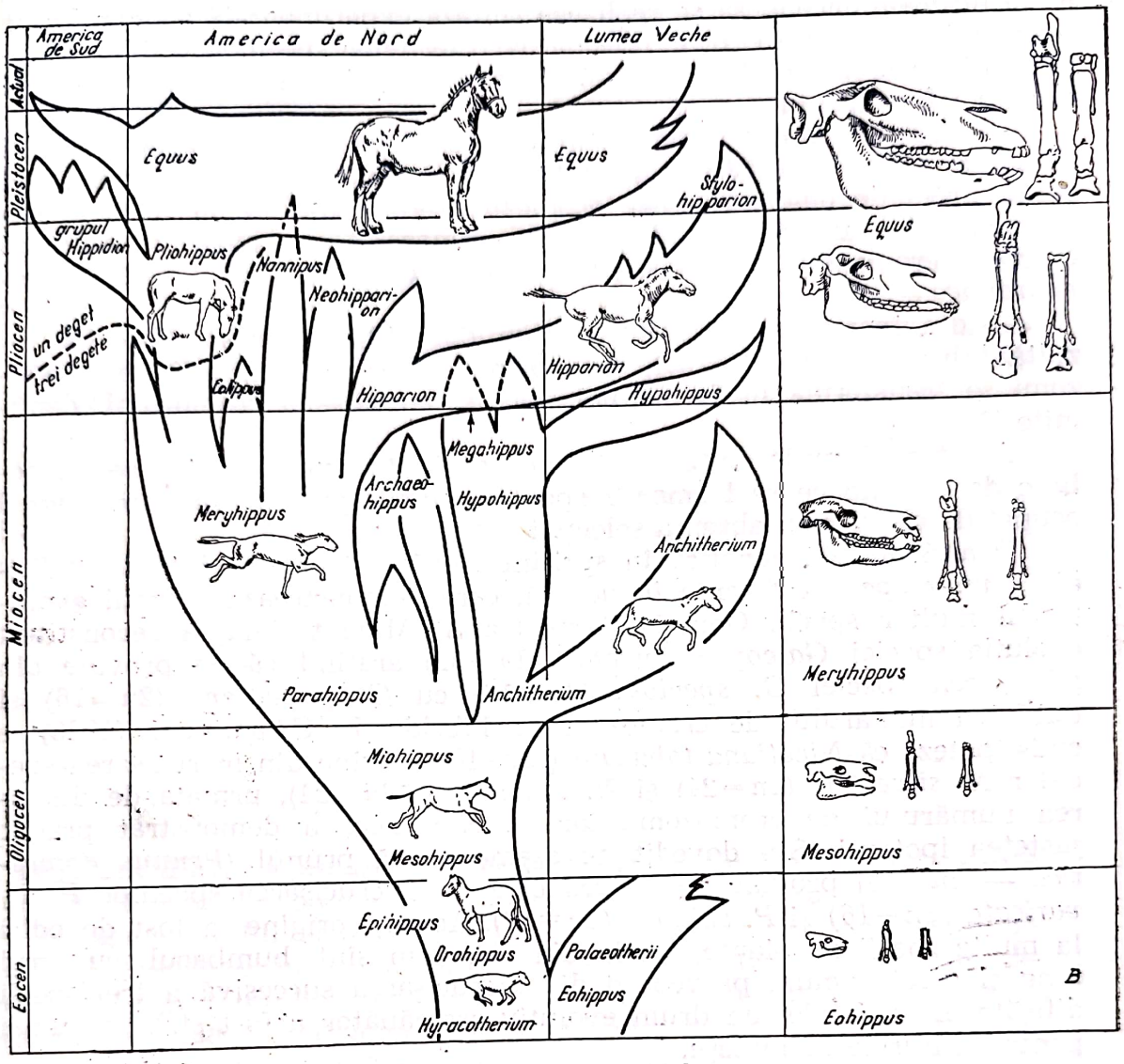


Fig. 30. Evoluţia ecvidelor:
A — evoluţia filogenetică şi evoluţia taliei; *B.* — transformarea picioarelor şi a craniului.

N. V a v i l o v a enunţat, de asemenea, *legea şirurilor omologe de variaţii*, conform căreia mutaţiile apărute la diferite specii şi genuri, chiar îndepărtate, sînt asemănătoare, deşi caracterul lor este întîmplător. Această lege a fost confirmată prin apariţia aceloraşi mutaţii la specii din diferite genuri, cum sînt nanismul, gigantismul, albinismul, fasciaţia frunzelor etc. După legea şirurilor omologe de variaţie, o mutaţie apărută la un gen oarecare poate fi aşteptată şi pentru alte genuri.

O altă dovadă genetică a fost adusă de H. S t u b b e (1967), care efectuînd iradieri repetate şi selecţia mutaţiilor de *Lycopersicum pimpinellifolium* a reuşit să obţină forme la care mărimea fructului şi forma frunzelor sînt asemănătoare cu cele ale speciei de tomate cultivate *L. esculentum.*

Sinteza şi resinteza artificială a speciilor. Aprofundarea cunoştinţelor genetice despre mecanismul cromozomic al poliploidiei a permis

ca în ultimele decenii să se realizeze sinteza experimentală a unor forme neexistente în natură, prin hibridarea diferitelor specii și dublarea numărului de cromozomi la hibrizi. Ca exemple, devenite clasice în acest sens, pot fi prezentate următoarele:

— hibridul dintre ridiche (*Raphanus sativus* — $2n=18$) și varză (*Brassica oleracea* — $2n=18$) conține 18 cromozomi și este steril, din cauza lipsei de omologie între cromozomii proveniți de la formele parentale. Prin dublarea numărului de cromozomi se ajunge la o formă cu 36 de cromozomi, fertilă și cu însușiri intermediare, denumită *Raphanobrassica;*

— din încrucișarea grîului comun ($2n=42$) cu secara ($2n=14$) rezultă hibrizi sterili ($2n=28$), care prin dublarea numărului de cromozomi se transformă în forme noi, fertile, cu $2n=56$ cromozomi, denumite *Triticale*.

Acestea și multe alte forme noi obținute experimental se deosebesc de speciile ce se formează spontan numai prin absența unui areal ocupat de ele și prin absența selecției naturale.

O altă dovadă genetică în sprijinul evoluției este *resinteza artificială a unor specii existente în natură,* care demonstrează drumul evolutiv al multor specii. Genetistul suedez A. Müntzing a reconstituit evoluția speciei *Galeopsis tetrahit* ($2n=32$) arătînd că ea provine din hibridarea speciei *G. speciosa* ($2n=16$) cu *G. pubescens* ($2n=16$) și dublarea numărului de cromozoni la hibrid. J. Clausen (1928) a emis ipoteza că *Nicotiana tabacum* ($2n=48$) provine din încrucișarea speciilor *N. silvestris* ($2n=24$) și *N. tomentosa* ($2n=24$), urmată de dublarea numărului de cromozomi, iar D. Kostov a demonstrat practic justețea ipotezei. S-a dovedit de asemenea că prunul (*Prunus domestica* — $2n=48$) provine pe aceeași cale din încrucișarea speciilor *P. divaricata* ($2n=16$) și *P. spinosa* ($2n=32$). Aceeași origine a fost dovedită la multe specii de plante, unele din ele, cum sînt bumbacul cu firul lung și grîul comun, provenind din încrucișarea succesivă a trei specii diferite. La animale, un drum evolutiv asemănător a fost stabilit numai pentru fluturele de mătase.

Dovezi citogenetice (evoluția cromozomilor sexului). Speciile aflate pe diferite trepte ale evoluției prezintă multe asemănări privind mecanismul genetic care asigură raportul dintre sexe (*sex — ratio*). Se știe că speciile cu sex diferențiat conțin în celule cromozomi *autozomi* și *heterozomi* sau cromozomii sexului *XX* și *XY*.

Studiile de citogenetică au stabilit că heterozomii s-au diferențiat din autozomi în decursul evoluției, ceea ce a însemnat un moment de mare importanță în evoluția viețuitoarelor, prin aceasta asigurîndu-se un raport constant între sexe.

Cromozomii sexului au existat inițial sub forma unei perechi de autozomi nediferențiați genetic și morfologic. Ei conțineau gene majore, de o importanță deosebită pentru viața organismelor. Unul dintre cromozomi (*Y*) s-a redus ca mărime, pierzînd un fragment și genele din acesta, al doilea cromozom (*X*) a rămas intact.

Transformarea autozomilor în heterozomi este dovedită de studii citogenetice. La pești, vertebratele cel mai puțin evoluate, cromozomii sexului au fost puși în evidență numai la un număr foarte re-

Scanned with OKEN Scanner

strîns de specii, deşi fenomenul de transmitere ereditară a unor caractere legate de sex este evident. La majoritatea speciilor de peşti procesul de diferenţiere citologică a cromozomilor sexului se află numai la început. La reptile se întîlnesc atît specii la care cromozomii sexului s-au diferenţiat morfologic, cît şi specii la care aceştia nu pot fi identificaţi. La păsări, cromozomii sexului sînt bine diferenţiaţi, femelele avînd *XY* iar masculii *XX*. La mamifere, începînd cu monotremele puţin evoluate şi continuînd cu marsupialele, insectivorele, chiropterele, lagomorfele, rozătoarele, carnivorele, proboscidele, perisodactilele, artiodactilele şi primatele, mecanismul cromozomic de determinare a sexului a devenit bine diferenţiat citologic şi stabil genetic. La toate grupele amintite femelele au cromozomii XX producînd ovule de acelaşi fel (cu X), iar masculii posedă cromozomii *XY* (heterogametici) producînd spermatozizi de două tipuri cu X şi Y.

Originea comună a cromozomilor sexului la mamifere şi păsări a fost dovedită prin determinarea precisă a formei şi mărimii care sînt aceleaşi. Un alt argument al originii comune îl constituie faptul că pe cromozomul X la mamifere şi păsări se află unele gene similare.

CAPITOLUL 9

ADAPTAREA

Legătura dintre adaptare şi selecţia naturală. Cuvîntul adaptare este de origine latină, compunîndu-se din *ad*=la şi *aptare*=a se ajusta. În sens biologic cuvîntul adaptare exprimă modificarea sau complexul de modificări ereditare în urma cărora organismele au şanse mărite de supravieţuire şi înmulţire în condiţii noi de mediu. Adaptarea este o trăsătură esenţială a populaţiei şi a speciei, deşi ea are la bază variaţiile individuale repetate şi reţinute de selecţia naturală, corespunzător cerinţelor de mediu înconjurător.

Oricare adaptare a speciilor de plante sau animale poate fi interpretată corect numai prin prisma selecţiei, care acţionează asupra mutaţiilor sau recombinărilor genetice, condiţionînd echilibrul relaţiilor specie — mediu.

Se poate vorbi despre o relaţie bine conturată între selecţie şi evoluţie, în care selecţia, condiţionînd adaptarea, are rolul de a direcţiona procesul evoluţiei.

Sînt numeroase observaţiile şi experienţele care dovedesc rolul hotărîtor al selecţiei naturale în separarea formelor adaptate noilor condiţii de mediu.

Adesea se vorbeşte de ineficienţa antibioticelor faţă de anumite bacterii. Fenomenul a fost demonstrat experimental în laborator la Institutul de ştiinţe biologice (S.U.A.) luîndu-se o cultură de 100 milioane bacterii *Staphylococcus aureus* asupra cărora s-a acţionat cu o doză relativ mică de penicilină. S-a observat că supravieţuiesc mai puţin de 10 bacterii, dar acestea se înmulţesc normal la doza respectivă. Doza

Scanned with OKEN Scanner

de penicilină s-a mărit succesiv, ajungîndu-se la o rezistenţă de 2 500 ori mai mare în comparaţie cu bacteriile luate iniţial în cultură. Bacteriile care au supravieţuit reprezentau descendenţii unei mutaţii rezistente la penicilină, care prin selecţie naturală s-a izolat de forma iniţială.

Din cele relatate reiese că selecţia naturală favorizează supravieţuirea indivizilor cu însuşiri adaptate pentru noile condiţii, fără a putea influenţa modificarea lor.

Evoluţia adaptivă a ecvidelor şi a multor altor grupe de animale demonstrează că adaptarea constituie o componentă de bază a procesului evolutiv. Formele care s-au modificat neadaptiv au dispărut în lupta pentru existenţă.

Preadaptarea şi postadaptarea. De mare importanţă pentru relaţia evoluţie-adaptare este aprecierea momentului în care se realizează adaptarea. Se cunosc două concepţii complet deosebite: preadaptarea şi postadaptarea.

Preadaptarea susţine că în cadrul speciei sau populaţiei există modificări ce nu pot fi valorificate în condiţiile mediului existent, dar care pot deveni adaptive în condiţii noi, unde vor constitui chiar o specie în formare. Indivizii preadaptaţi întîmplător prin mutaţii sau recombinări genetice posedă însuşiri noi, pot cuceri un nou areal, diferenţiindu-se într-un nou grup. La strămoşii tetraplodelor, peştii crossopterigieni, membrele, ca mijloc de locomoţie terestră, au apărut în apă şi au fost folosite în perioade de secetă pentru deplasare pe uscat.

Postadaptarea consideră apariţia noilor însuşiri ca fiind precedată de contactul vieţuitoarelor cu noile condiţii de mediu.

Dintre concepţiile expuse preadaptarea este acceptată de un număr mai mare de biologi. Trebuie spus că atît preadaptarea cît şi postadaptarea sînt laturi ale procesului evolutiv dirijat de selecţia naturală.

Formele adaptării. Adaptarea vieţuitoarelor parcurge două trepte principale cunoscute sub denumirea de *acomodare* şi *naturalizare*.

Acomodarea este un proces de adaptare cu caracter individual, larg răspîndit în natură. Acomodarea are rolul de a crea un echilibru între organism ca sistem autoreglabil şi noile condiţii de mediu. Acomodarea cuprinde modificări morfologice şi fiziologice condiţionate de intrarea individului în noi condiţii de mediu. Modificările pot fi reversibile în momentul reîntoarcerii individului în condiţiile obişnuite de viaţă. La planta *Sagitaria sagittifolia* frunzele de sub apă au aspect de panglică, cele care plutesc au formă labială, iar cele aeriene au formă de săgeată. La mamifere, densitatea pielii depinde de condiţiile de temperatură, circulaţia sîngelui devine accelerată la altitudine mare etc.

Naturalizarea, spre deosebire de acomodare, cuprinde fenomene ireversibile de grup, care modifică mai mult sau mai puţin şi structura genetică a organismelor datorită schimbării de durată a condiţiilor de mediu, cum sînt glaciaţiunile, modificarea climei, a uscatului şi altele. Naturalizarea este un proces istoric de adaptare în urma căruia specia devine adaptată la viaţă, capabilă nu numai să trăiască, dar şi să se reproducă. De aceea naturalizarea se numeşte şi adaptare specifică.

Un exemplu clasic de naturalizare îl oferă molusca bivalvă *Dreissensia polymorpha,* originară din apele salmastre din Marea Caspică şi

Scanned with OKEN Scanner

nordul Mării Negre. La sfîrșitul secolului al XVIII-lea, specia se retrage în apa dulce din fluviul Volga, apoi în toate apele dulci din Europa, chiar în canale și bazine artificiale. Dintre plantele naturalizate în Europa citățm *Datura stramonium, Robinia pseudo-acacia* și altele.

Ca formă specială de naturalizare sub îngrijirea omului poate fi prezentată *aclimatizarea.* Omul schimbînd condițiile de viață ale unor plante și animale afectează în primul rînd funcția de reproducere. Rolul aclimatizării constă astfel în crearea unui echilibru organism-mediu încît acestea să se reproducă fără intervenția omului. Multe dintre plantele de cultură și animalele domestice au fost obținute din specii sălbatice prin aclimatizare.

Aspecte de adaptare. Se întîlnesc numeroase exemple de adaptare a speciilor dintre care vom prezenta cîteva aspecte privind culoarea și forma protectoare la animale.

Homocromia sau culoarea criptică (*criptos*=ascuns). În procesul evoluției, unele organisme și-au modificat culoarea în așa fel încît se confundă cu mediul pe care trăiesc. Homocromia se poate întîlni la ouă, larve sau chiar la adult. Rolul homocromiei este de a camufla și apăra viețuitoarele de atacul speciilor răpitoare.

Homocromia este permanentă și sezonieră. Homocromia permanentă păstrează culoarea de camuflare în tot timpul vieții. Ca exemplu servesc: meduza, lăcustele (*Tettigonia viridissima*), afidele, păianjenii, vipera (*Cerastes cornutus*), în zonele polare iepurii, vulpile, lupii și ursii au culoare albă etc. La unele animale homocromia este caracteristică numai pentru stadiile mai periclitate din viața indivizilor, cum este stadiul de ou.

În homocromie sezonieră sînt incluse modificările de culoare în funcție de sezon și condițiile mediului. Nevăstuica (*Mustella nivalis*) are blana brună vara și albă iarna. În mediul marin unele viețuitoare au culoarea verde, cînd se află lîngă alge și albastră deschis în cursul nopții.

Homotipia (fig. 31) este fenomenul de homocromie care se completează cu imitarea formei și desenului mediului înconjurător. Omizile multor fluturi imită ramurile și mugurii pe care stau; astfel, coleopterul *Saperdina* imită frunzele cruciferelor și compozitelor, iar spicul de grîu este imitat de *Calamobius filum.* Frunzele uscate sînt imitate de fluturele *Kallima inachis.* La fluturi se întîlnesc cele mai numeroase cazuri de homotipie.

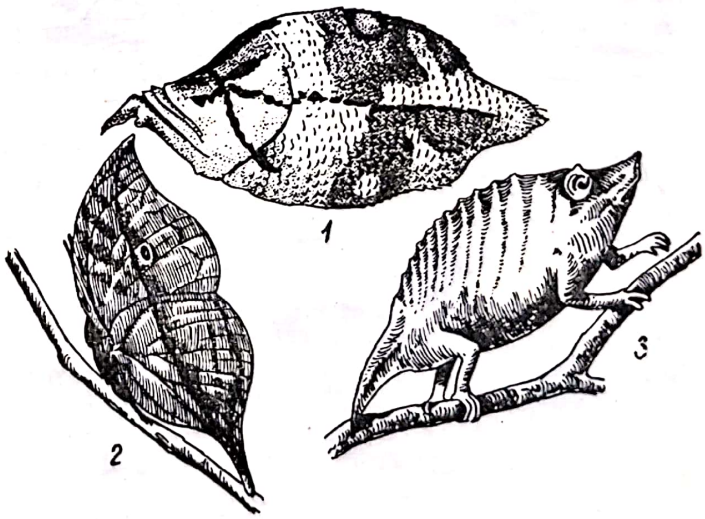


Fig. 31. Homotipie:
1 — peștele Monocirrhus polyacanthus; 2 — fluturele Kallima paralecta; 3 — șopîrla Rhampholeon boulengeri (după Cott din V. Grant, 1963).

Scanned with OKEN Scanner

Aposemia sau culoarea de avertizare, de amenințare. Unele animale, pe lîngă mijloacele eficace de apărare — ac veninos, emanarea unui miros neplăcut în momentul pericolului sau sînt otrăvitoare — posedă și o coloraţie vie, bătătoare la ochi, prin care avertizează răpitorul determinîndu-l să renunţe la atacul lor. Toate mustelidele din care menționăm dihorul american, emană un lichid cu miros extrem de neplăcut, care obligă pe dușmani să-l evite.

Mimetismul (pseudoaposemia) sau asemănarea între ele a mai multor specii de animale. Deosebim mimetism batesian și müllerian.

Mimetismul batesian constă în asemănarea unei specii lipsite de apărare cu o specie bine dotată cu astfel de mijloace. Vipera comună *(Vipera berus)* este imitată de șarpele *Tropidonotus viperinus,* iar *Elaps fulvius* este imitat de colubridul neveninos *Erythrolampus aesculapi,* specia *Vespa crabro,* dotată cu mijloace de apărare, este imitată de specia *Sesia crabroniformis* etc. (fig. 32, 33).

Mimetismul müllerian constă în asemănarea între ele a mai multor specii dotate cu mijloace de apărare, cum sînt speciile de viespi, albine și bondari.

În afară de formele enumerate se mai cunosc și alte cazuri de adaptare sau mijloace pasive de apărare a animalelor.

Mijloace analoge de apărare adaptivă se întîlnesc și la plante, așa sînt ţepii, ghimpii, perii urticanți, acizii organici, alcalcizii, substanţele eterice, membranele lemnificate și altele, care apără plantele împotriva animalelor ierbivore.

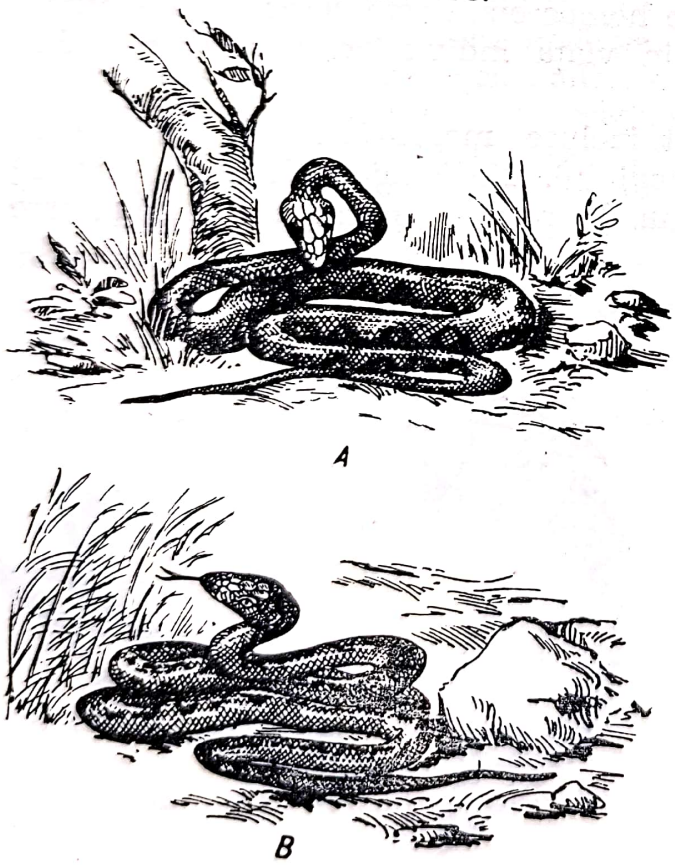


Fig. 32. Mimetism batesian:
A — Tropidonotus viperinus imită vipera; *B — Vipera berus* (din R. Hardouin).

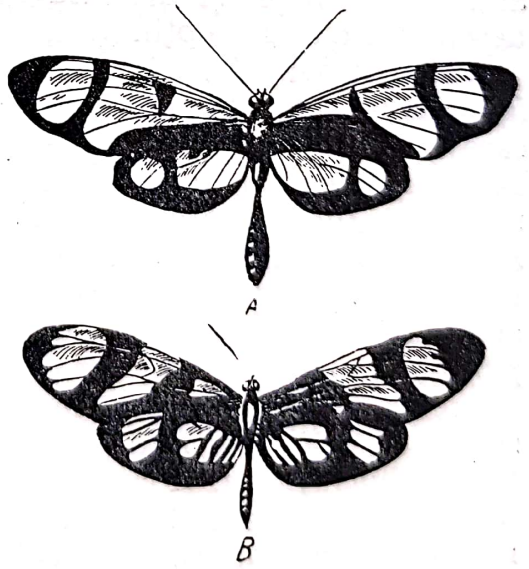


Fig. 33. Mimetism batesian la fluturii *Methena pisidii* (*A*) și *Leptalis orizae* (America de Sud) (*B*) (după Wallace din R. Jeannel 1930).

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 10

ORIGINEA ŞI EVOLUŢIA OMULUI

10.1. Locul omului în natură

Cum a apărut şi încotro evoluează omul au fost şi sînt întrebări, pe care fiinţa dotată cu inteligenţă şi le-a pus din momentul cînd a început să gîndească. La această întrebare s-au dat mult timp două răspunsuri: oamenii primitivi, slabi şi dezarmaţi în faţa naturii, au imaginat crearea omului de către o forţă supranaturală de care omul urma să se teamă tot timpul existenţei sale. Antichitatea, religiile au furnizat multiple legende asupra originii omului, care însă nu puteau satisface minţile mai luminate. A apărut astfel al doilea răspuns asupra naturii omului, originea lui animală, apariţia lui în urma unui proces natural de evoluţie. Acest răspuns se conturează în operele filozofilor antici greci şi romani: Anaximandros, Empedocles, Anaxagora, Aristotel, Lucretius Carus şi alţii. Lui Aristotel îi aparţine meritul de a fi indicat locul omului între animale, subliniind multe dintre caracterele de asemănare şi deosebiri.

C. Linné deşi considera omul drept desăvîrşirea creaţiei divine, îl includea în ordinul *Primates* (în latineşte *Primus*=întîiul), pe care mai înainte îl denumise *Anthropomorphes* (din greceşte *anthropos*= om; *morphus*= formă).

Primatele sînt mamifere caracterizate prin trei particularităţi de bază: adaptarea la viaţa arboricolă, prehensibilitatea labelor, datorită opozibilităţii degetului mare şi cefalizarea (creşterea volumului encefalului în raport cu acela al corpului).

Credinţa în creaţia independentă a omului a fost spulberată de către Ch. Darwin, în urma publicării cărţii sale intitulate *„Descendenţa omului şi selecţia sexuală“* (1874). În această lucrare, marele naturalist aplică teoria sa generală a formării speciilor asupra cazului particular al speciei umane. El nu a schimbat omul din locul unde l-a aşezat predecesorul său *C. Linné,* şi anume între mamifere, ordinul primate.

Din punct de vedere evolutiv, prehensibilitatea labelor la primate a dus la un nou tip de locomoţie arboricolă diferită de celelalte vertebrate arboricole, la care rolul principal îl joacă ghearele sau formaţiunile adezive.

Primatele se reproduc tot timpul anului, născînd de regulă un singur pui (rare ori doi sau trei), la început incapabil de a duce o viaţă independentă. Există o singură pereche de mamele pectorale, mai rar două sau chiar trei perechi. Uterul este de obicei simplu, mai rar bicorn.

Dimensiunile şi greutatea corpului primatelor variază de la cîteva sute de grame la lemurieni, pînă la 150—200 kg la marile gorile.

Ordinul *Primates* se împarte în patru subordine: lemurieni *(Lemuroidea),* simieni (*Antropoidea* sau *Simioidea*), tarsieni *(Tarsioidea)* şi *Tupaidea* (fig. 34).

Scanned with OKEN Scanner

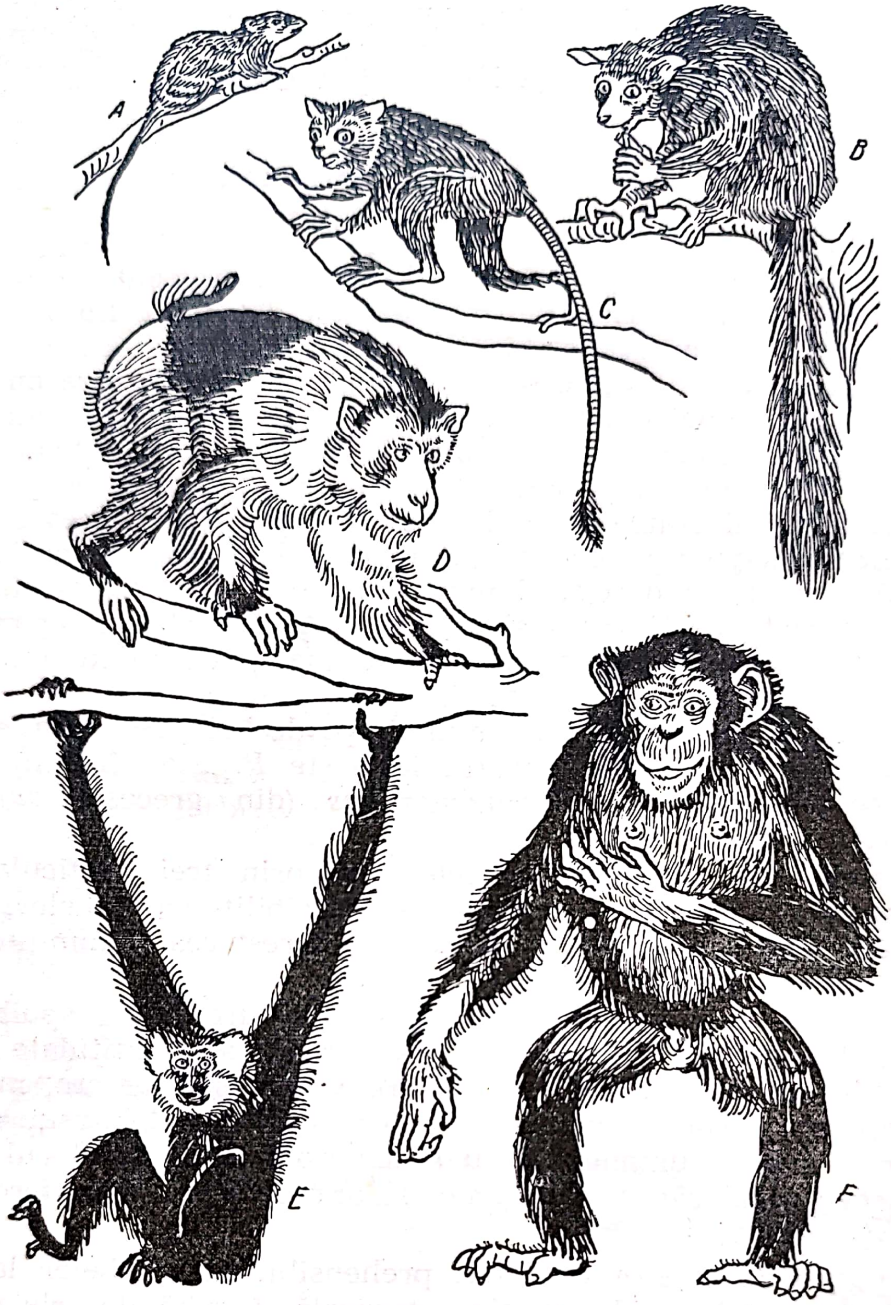


Fig. 34. Reprezentanţi ai primatelor:
A — Tupaia, insectivor primitiv; *B — Tarsius; C — Lemurianul Galago; D — Macaca; E — Gibonul (Hylobates); F — Cimpanzeul.*

Omul face parte din familia *Hominidae,* care cuprinde un singur gen *Homo,* cu unica sa specie *Homo sapiens.* Familia *Hominidae* aparţine subordinului *Antropoides.*

Omul actual se caracterizează prin următoarele însuşiri esenţiale: mers biped, corelat cu staţiunea verticală, mîna eliberată de funcţia de susţinere, putînd fi folosită la apucarea sau manipularea obiectelor şi în mod deosebit în procesul muncii, encefalul voluminos şi complex structurat, devenind astfel organul conştiinţei umane, vorbirea este articulată.

Scanned with OKEN Scanner

Toate caracteristicile omului actual au fost realizate în cursul unei foarte lungi evoluții. În afara formelor actuale, mai trebuie amintite și unele subfamilii — *Dryopithecinae* (maimuțe de stejar), *Ramapithecinae* și *Australopithecinae*.

Clasificațiile existente sînt mult discutate, iar uneori aprig controversate. Mulți oameni de știință își pun întrebarea chiar dacă subfamiliile *Dryopithecinae, Ramapithecinae* și *Australopithecinae* pot fi incluse în familia *Hominidae*. Olga Necrasov (1971) arată că precizarea poziției sistematice într-o familie sau alta nu este atît de importantă cît este faptul că aceste forme au existat și că ele reprezintă o treaptă spre umanizare.

Deși cercetările sistematice din ultimele decenii au adus multe precizări în filogenia omului și a rudelor sale mai apropiate, știința nu a reușit încă să dezvăluie în întregime problema originii omului. Multe greutăți sînt condiționate de faptul că pînă în prezent nu au fost descoperite forme fosile de tranziție între antropomorfe și om.

Așa cum arată paleontologul francez C. Arambourg (1965), în cazul omului, ca și al multor grupe zoologice, seria evolutivă care duce de la forme primitive la cele mai diferențiate este formată dintr-o linie discontinuă, între care nu există sau sînt puține forme de trecere.

Ch. Darwin arăta cu toată convingerea acum o sută de ani că strămoșul omului derivă din tulpina catarinienilor, care trăiau în Lumea Veche. Dar, avertiza el, nu trebuie să cădem în greșeala de a presupune că omul ar fi identic sau înrudit cu vreun antropoid din zilele noastre. Antropomorfele se pare că s-au desprins din trunchiul general al catarinienilor în oligocen.

Secția *Catarhina* s-a diferențiat în terțiar în două ramuri: *Pitecus* și *Parapitecus*. Prin intermediul pitecilor s-a evoluat spre maimuțele inferioare din suprafamilia *Cynomorpha*, iar prin *Parapithecus* și mai departe prin *Propliopitecus* spre maimuțele antropoide (giboni, urangutani, gorile, cimpanzei) și om (fig. 35). Cea mai veche maimuță antropoidă catarină a fost *Parapithecus frasi*, descoperită la Fayum (Egipt) în straturile oligocenului inferior, prin care s-a făcut trecerea de la poziția orizontală a corpului la cea verticală.

Din *Parapithecus* a evoluat o nouă maimuță antropoidă *Propliopithecus haeckeli*, găsită tot la Fayum în Egipt. Caracteristic acestei forme este modul de mișcare prin brahiație, ceea ce a dus la o serie de modificări structural-anatomice, precum și la modificarea encefalului. Propliopitecii au suferit și o creștere semnificativă a dimensiunilor corpului.

Propliopitecul în linie directă a dat naștere gibonilor actuali, prin intermediul formei *Pliopithecus gervais*, în miocenul inferior al Europei.

Din miocen și pînă în pliocen, în diferite părți ale Africii, Europei și Indiei au trăit maimuțe fără coadă, incluse de unii în familia *Dryopithecinae*, iar de alții în subfamilia *Dryopithecinae*. Maimuțele din genul *Dryopithecus* se deplasau prin cruriație, proprie strămoșului omului cu viață arboricolă.

Întrucît driopitecii prezintă multe dintre caracteristicile principale ale actualei subfamilii *Ponginae*, din care fac parte urangutanul, go-

Scanned with OKEN Scanner

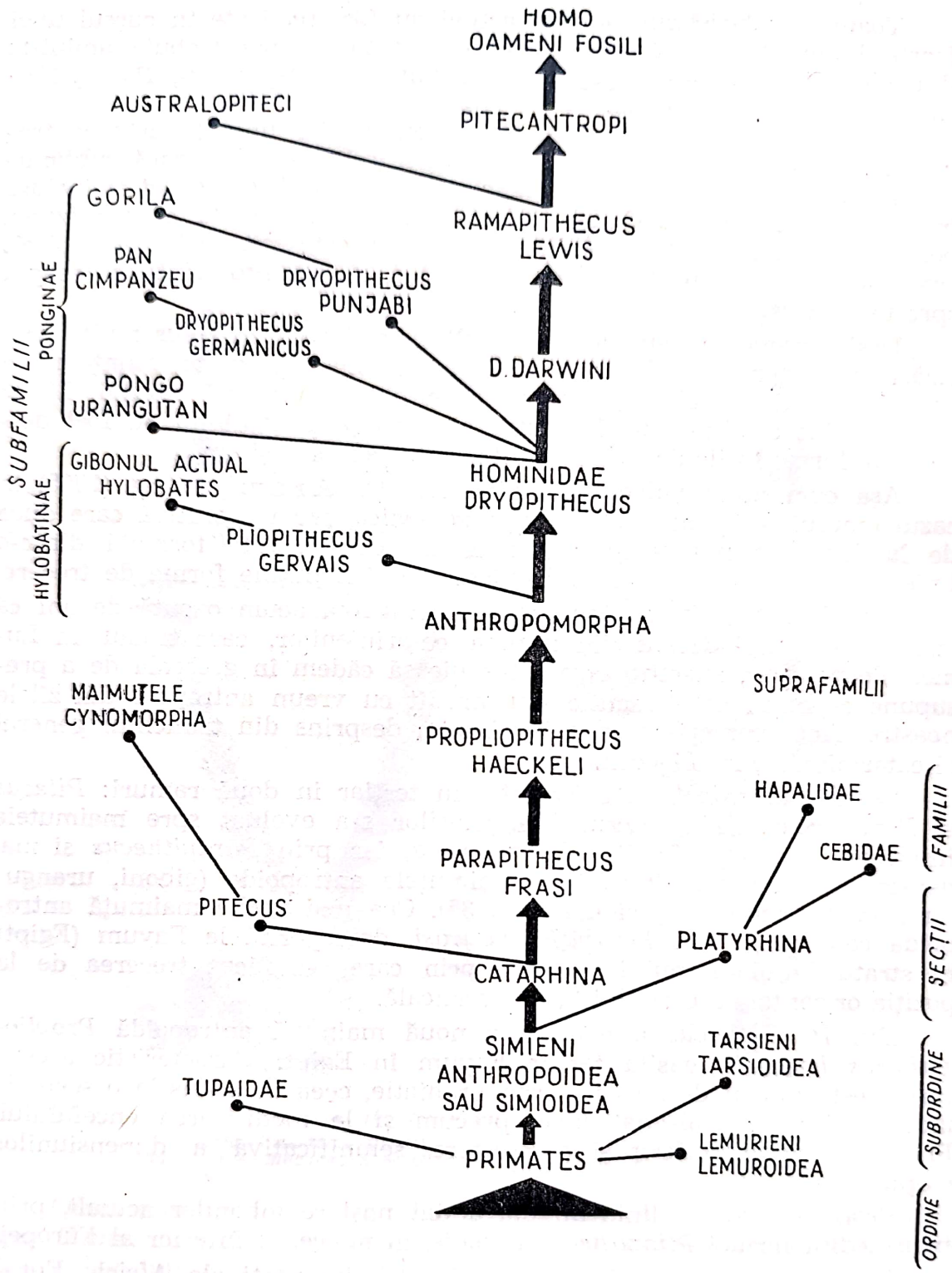


Fig. 35. Evoluția primatelor.

rila, cimpanzeul, ei sînt considerați forme din care s-au putut diferenția atît ponginele africane cît și hominidele.

Din genul *Dryopithecus*, în miocenul timpuriu, s-a separat urangutanul. Mai tîrziu, din specia *D. punjabi* a evoluat gorila actuală, din

Scanned with OKEN Scanner

D. germanicus cimpanzeul actual, iar din *D. darwini, Ramapithecus levis.*

Ramapitecul a fost descoperit în dealurile de la Siwalik din India. Ramapitecul este considerat ca cel mai vechi reprezentant (cunoscut pînă azi) al formelor imediat premergătoare hominidelor.

Evoluţia ramapitecilor a continuat în două direcţii: una laterală spre australopiteci şi alta în linie dreaptă spre pitecantropi.

Există şi alte păreri şi anume că linia ancestrală a umanităţii ar fi avut succesiunea: *driopiteci* ⟶ *ramapiteci* *australopiteci* ⟶ *om.* Pentru majoritatea specialiştilor, australopitecii nu sînt însă primele forme umane.

Conform unor idei mai noi, formulate de paleontologul L. S. Leakey, nici australopitecii şi nici pitecantropii nu sînt strămoşii omului. După el linia hominidelor s-a desprins din trunchiul comun cu 25 milioane de ani în urmă. Această linie a dus la apariţia lui *Homo habilis* (om îndemînatec) şi apoi la *Homo sapiens* (omul inteligent). După datele lui L. S. Leakey, specia *Homo habilis* marchează începutul istoriei umane; el consideră astfel australopitecii şi pitecantropii drept un eşec spectaculos al evoluţiei.

10.2. Etape în evoluţia omului

Diferitele fosile descoperite permit stabilirea a trei grupe sau etape evolutive la om: *arheantropii, paleantropii* şi *neantropii.*

Arheantropii (oamenii-maimuţă). Această primă etapă a evoluţiei umane este astăzi bine cunoscută datorită descoperirilor de la Trinil (Djawa) făcute în 1891 de către olandezul Eugène Dubois, pasionat cititor ale operei lui Darwin şi elev al lui Haeckel, precum şi adept al concepţiei transformiste. El a scos la iveală primele resturi ale pitecantropului, iar descoperirile care au urmat au permis ca în grupa arheantropilor să fie incluşi pitecantropii descoperiţi la *Djawa, sinantropii de Pekin, omul de la Heidelberg* şi alţii.

Din punct de vedere sistematic, arheantropii aparţin genului *Homo,* specia *erectus* (s-a propus însă şi includerea lor în genul *Pithecanthropus*). Iată cîteva din noile denumiri atribuite diferitelor forme fosile descoperite: *Homo erectus erectus* în loc de *Pithecanthropus erectus; H. erectus pekinensis* în loc de *Sinanthropus pekinensis; H. erectus heidelbergensis* în loc de *H. heidelbergensis* etc. Arheantropii sînt reprezentaţi astfel prin mai multe subspecii.

Arheantropii aveau staţiunea verticală şi mers biped mai evoluat decît australopitecii. Dentiţia era foarte apropiată de cea a omului modern, iar capacitatea craniană în medie de 976 cm^3, pentru cei descoperiţi la Djawa, şi de 1 050 cm^3, pentru cei descoperiţi în China. Media capacităţii craniene a australopitecilor era de numai 510 cm^3.

Arheantropii au avut o răspîndire foarte largă în aproape toată Lumea Veche; au apărut cu aproximativ două milioane de ani în urmă şi au avut o evoluţie lentă şi de lungă durată, existînd ca grup pînă acum 300 000 de ani.

Scanned with OKEN Scanner

Descoperirile osoase incontestabile, arată Olga Necrasov (1971), demonstrează că acum două milioane de ani poate chiar mai mult despăduririle provocate de o uscare a climei au obligat o specie de maimuţe arboricole foarte evoluate să adopte o viaţă terestră şi să-şi schimbe regimul de hrană. Pe sol, lipsite de refugiul copacilor, aceste maimuţe au putut subzista, ca specie, datorită pe de o parte modului de viaţă în colective, trăind în turme, şi putînd ţine piept altor mamifere, iar pe de altă parte datorită faptului că la fel ca şi maimuţele actuale „ştiau" să se apere folosind armele naturale: beţe, pietre etc.

Mersul biped a dus la modificarea corelativă a coloanei vertebrale, care s-a îndreptat, encefalul s-a dezvoltat favorabil. Mîna eliberată de funcţia de susţinere este folosită la prinderea şi manipularea obiectelor. Cu timpul, arheantropii nu mai prindeau orice obiecte, ei au început să aleagă pe cele mai adecvate pentru scopul imediat. A urmat retuşarea rudimentară a obiectelor şi apoi confecţionarea lor. Viaţa în colective şi trecerea la muncă au constituit evenimente de mare importanţă pentru umanizare.

Arheantropii ştiau deci să-şi confecţioneze unele unelte, oricît de rudimentare ar fi fost ele. Poziţia lor la începuturile umanităţii este astfel pe deplin justificată. Primii lor reprezentanţi cunoscuţi sub denumirea de *Homo habilis* au fost contemporani cu australopitecii.

Confecţionarea uneltelor a dus la întărirea relaţiilor dintre grupurile de indivizi, la întărirea sistemului de semnalizare şi apărare în cadrul grupului, ceea ce a antrenat perfecţionarea graiului articulat.

Mai tîrziu omul a descoperit şi utilizat focul, un aliat preţios împotriva animalelor sălbatice şi un mijloc de apărare împotriva condiţiilor nefavorabile de climă, care suferise modificări esenţiale. Paralel cu acestea, o mutaţie a dus probabil la dispariţia învelişului păros, omul fiind nevoit să treacă la protejarea corpului prin îmbrăcăminte, ceea ce a marcat un nou pas în evoluţia sa.

Un alt reprezentant al arheantropilor a fost *Homo erectus heidelbergensis,* descoperit în R. F. Germania în apropierea oraşului Heidelberg. Se presupune că a trăit cu 300—500 mii de ani în urmă şi folosea unelte grosolane de piatră. Cunoştea focul şi rolul lui, ştia să şi-l întrebuinţeze, dar nu ştia să-l producă.

Paleantropii (oameni primitivi sau oameni de Neanderthal). Descoperirile din ultimul secol atestă existenţa lor timp de mai multe mii de ani pe tot teritoriul Lumii Vechi. Prima dată a fost descoperit în grota Feldhofer din valea Neanderthal. Descrierea omului de Neanderthal s-a făcut pe baza resturilor fosile bine conservate descoperite în grota Spy din Belgia. Descoperirile din Belgia devin foarte valoroase şi prin faptul că fosilele sînt însoţite de fauna pleistocenului mijlociu, conţinînd, printre altele, resturi de mamut şi rinocer cu blană.

Paleontologia dispune în prezent de fosile ce aparţin la peste 200 indivizi proveniţi din diferite ţări din Europa, Africa şi Asia. Omul de Neanderthal s-a răspîndit în Europa, Africa, Asia şi către Nord pînă la limita gheţarilor. În ţara noastră, resturi fosile de Neanderthalieni au fost descoperite în Transilvania la *Ohaba-Ponor.*

Omul de Neanderthal era foarte puternic, cu o capacitate cranianăce oscila între 1 250 şi 1 600 cm^3, talie de 155 cm, cu poziţie net verti-

cală. Erau vînători și culegători, se foloseau de unelte de piatră și de os. Carnea o consumau friptă, Neanderthalienii reușeau să provoace focul prin frecare sau scăpărare, pînă la ei focul se procura din incendiile naturale. Se presupune că neanderthalienii organizau munca în interiorul hoardei după vîrstă și sex. La paleantropi se practica înmormîntarea.

Dispariția bruscă a omului de Neanderthal cu circa 40 000 de ani în urmă este un mare mister al preistoriei. În ultimul timp, anatomistul Edmund Crelin de la facultatea de medicină din Yale și lingvistul Philip Liberman de la Universitatea din Brown au propus o nouă ipoteză. Ei au reconstituit craniile omului de Neanderthal, al omului contemporan și al maimuțelor mari. Cu ajutorul calculatorului electronic au stabilit că Neanderthalienii posedau un singur tub de rezonanță în timp ce omul actual dispune de două tuburi sonore care pot fi puse în funcție simultan sau independent. Datorită acestei conformații omul de Neanderthal nu putea să pronunțe vocalele cheie ale limbajului A, I și U, ceea ce nu i-a permis să organizeze o dezvoltare socială umană.

Se presupune astfel că omul de Neanderthal a fost înlăturat de concurența unei specii care poseda un limbaj articulat. Existența unei asemenea specii pe teritoriile Neanderthalienilor este atestată prin descoperirea unor cranii în două peșteri din munții Carmel din Israel și a omului din Broken Hill (Rhodesia). Această specie, după Liberman și Crelin a evoluat rapid dominînd omul de Neanderthal.

Taxonomic, omul de Neanderthal constituie probabil o singură specie, *Homo neanderthaliensis* așa cum a definit-o King încă în anul 1864.

Neantropii. Sînt cunoscuți și sub denumirea de oameni contemporani, reprezentați prin specia *Homo sapiens*. Primele forme de neantropi au apărut acum circa 40 000 de ani în Europa. Cea mai veche descoperire de neantropi fosili a fost făcută în anul 1868 la *Cro-Magnon* în Franța de către L. Laret. Scheletele descrise au servit ca prototip al tipului de *Cro-Magnon*, caracteristicile căruia corespund perfect cu caracteristicile generale ale lui *Homo sapiens* (fig. 36).

Omul de *Cro-Magnon* se caracterizează printr-o statură înaltă de circa 180 cm la bărbați, printr-un schelet robust și membre puternice.

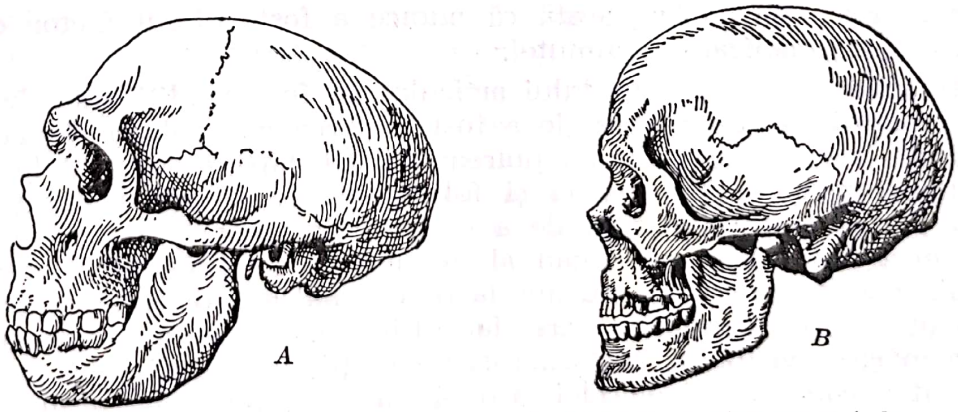


Fig. 36. Craniul omului de *Neanderthal (A)* și craniul omului de *Cro-Magnon (B)*.

Scanned with OKEN Scanner

Omul devenise un iscusit vînător prin aruncare, armele lui din piatră cioplită și os erau deja perfecționate.

Limbajul oamenilor de *Cro-Magnon* se perfecționase, ei își schimbau ideile și experiențele, preocupările de ordin artistic erau mult mai avansate. În peșteri, la lumina plăpîndă a opaițului, omul paleoliticului superior a lăsat gravuri, picturi și sculpturi care merită admirația noastră. Subiectul frecvent al preocupării erau animalele de atunci și scenele de vînătoare.

Omul de *Cro-Magnon* de la sfîrșitul paleoliticului superior (epipaleolitic) a domesticit cîinele și alte animale, el cultiva plante și își crea rezerve de hrană. Acțiunea selecției naturale asupra omului se înlocuiește treptat cu factori sociali. Cu aceste realizări omul intră în comuna primitivă, epoca pietrei șlefuite. În neolitic, omul primitiv confecționa vase de lut și lemn, dispunea de topor de piatră, arcuri cu săgeți și creștea animale domestice (cîine, vaca, oaia, capra, porcul și calul). De acum el dă o atenție mai mică vînătorii și se ocupă mai mult de creșterea animalelor prin păstorit și cultivarea plantelor.

Umanizarea și cauzele ei. Locul de formare al hominidelor nu este încă pe deplin clarificat. Se consideră în prezent că un asemenea loc ar fi partea meridională a Asiei, periferia Indiei și Africa, indicată încă de Darwin (1871) ca centru de apariție a primilor oameni. America și Europa ar fi fost populate mai tîrziu.

Asupra cauzelor și mecanismelor care au dus la apariția omului s-au formulat, de asemenea, mai multe ipoteze și teorii.

Ch. Darwin a fundamentat și susținut originea animală a omului, dar s-a referit mai mult la factorii biologici, ca: variabilitatea, lupta pentru existență și selecția naturală. Se neglijează, astfel, rolul muncii și al mediului social. Chiar și unele trăsături specifice omului, ca gîndirea și graiul, au fost explicate prin selecție naturală. Este cunoscut faptul că gîndirea și graiul au permis ridicarea omului pe o treaptă evolutivă superioară, diminuînd din ce în ce mai mult rolul selecției naturale asupra omului. Factorii de natură pur biologică sînt insuficienți pentru explicarea umanizării.

Fr. Engels în lucrările sale expune *teoria biosocială,* conform căreia umanizarea este rezultanta interacțiunii dintre factorii biologici și sociali. În lucrarea „Rolul muncii în procesul transformării maimuței în om", Fr. Engels arată că *munca* a fost primul factor care a contribuit la umanizarea maimuței.

Apariția muncii și a graiului articulat au fost condiționate de o serie de factori. O primă condiție a fost trecerea maimuțelor de la viața arboricolă la cea terestră, la adoptarea stațiunii bipede. Maimuțele trăind în grupuri agățate prin copaci și folosind mîinile pentru agățat, cu timpul au pierdut obișnuința de a le folosi la mers. Mîna își schimbă astfel destinația devenind organ al muncii și în același timp produsul muncii. Rezultatele muncii au dus la relații mai apropiate între grupuri, a apărut relația de întrajutorare, iar utilizarea evidentă a ajutorului a dus la mărirea grupului, la formarea societății. În același timp a apărut necesitatea comunicării de idei, ajungîndu-se la formarea graiului.

Odată cu mîna a evoluat și creierul, ale cărui 14 miliarde de celule, superior organizate, îi conferă calitatea de organ al conștiinței umane,

Scanned with OKEN Scanner

organul tuturor cuceririlor umane de la cioplirea pietrei pînă la forța extrasă din atom.

Datorită condițiilor în care omul a evoluat, munca a devenit din ce în ce mai complexă, ajungîndu-se treptat la vînătoare, agricultură, țesătorie, împletire, prelucrarea metalelor etc.

Evoluția omului a fost condiționată de un complex de factori dintre care majoritatea au stat și la baza diversificării speciilor de plante și animale. Nu au existat factori biologici speciali care să fi influențat evoluția omului. Ca factori importanți pentru evoluția omului pot fi menționați mutațiile, selecția naturală, munca, graiul articulat și organizarea socială. Munca este una din importantele premise ale evoluției, dar ea trebuie privită în legătură cu mutația, la fel ca și toate modificările intelectuale și morfologice. Numai hominidele purtătoare de mutații corespunzătoare au supraviețuit și evoluat, restul au fost sortite pieirii. În specia umană, arată C. Maximilian, se găsesc aproximativ 1 000 de miliarde de mutații, un adevărat ocean de tentative evolutive. Cele mai multe au fost nefavorabile și au dispărut odată cu purtătorii ei, iar cele favorabile au intrat în patrimoniul genetic al speciei.

Limbajul articulat a constituit o modificare ereditară valoroasă, care s-a cumulat cu cele ce au dus la evoluarea mîinii și creierului. Limbajul articulat a devenit instrumentul de comunicare a gîndirii și a avantajat evoluția indivizilor cu o astfel de mutație. Ce drum evolutiv a parcurs limbajul ne putem da seama numai comparînd exclamările monosilabice ale primilor oameni, cu nuanțele fine ale limbii lui Eminescu, Hugo, Puşkin, Goethe, Schiller și alții.

Dintre numeroasele mutații privind fizicul, morfologia, capacitățile intelectuale și altele s-au menținut acelea care au favorizat prosperitatea speciei umane în condițiile date; ele nu au fost adaptări directe, treptate. Pentru omul evoluat munca devine o necesitate a existenței sale, munca îi dă posibilitatea de a-și exprima și afirma personalitatea de om, munca fiind în același timp exteriorizarea calității zestrei ereditare „creată" prin evoluție.

Cunoștințele despre originea și evoluția omului se îmbogățesc continuu prin descoperirile cercetărilor de paleontologie. Așa, de exemplu, un grup de oameni de știință, condus de Leakey, Tobias și Napier au descoperit, în jurul anului 1960, fosilele unor hominieni asemănători, dar mai evoluați decît australopitecii, care pînă atunci erau considerați înaintașii pitecantropilor. Aceste fosile au fost determinate ca reprezentanți ai speciei *Homo erectus habilis (Homo habilis)*, cel mai probabil strămoș al omului, despre care s-a mai vorbit.

Deși omul a intrat în era zborurilor cosmice, originea sa mai pune încă multe întrebări. Este posibil ca noile descoperiri paleontologice să aducă chiar și unele surprize. Așa, de exemplu, cu cîțiva ani în urmă pe malurile fluviului Omo din sud-estul Etiopiei s-au descoperit două categorii de hominizi: un australopitec robust ierbivor, care este considerat ca o schiță ratată în evoluția omului, dispărut cu un milion de ani în urmă și un hominid ierbivor mai mic, considerat ca veritabil strămoș al omului, deși avea o capacitate craniană de numai 500 cm^3. Peste scurt timp, englezul Richard Leakey a descoperit pe malurile lacului Rudolf din Kenya fragmente de craniu cu o capacitate de

Scanned with OKEN Scanner

800 cm^3 ale unor hominizi ce ar fi existat acum trei milioane de ani. Craniul descoperit are o morfologie mai evoluată decît a pitecantropilor descoperiţi în Jawa (Indonezia) şi China.

Se pune întrebarea dacă R. Leakeay a descoperit adevăratul strămoş? Este posibil ca genul *Homo* să fie mult mai vechi decît se crede. Se admite că fiinţe meritînd numele de om au existat acum trei milioane de ani şi poate mai mult. Belgianul Jean Heinzlin a descoperit pe malurile fluviului Omo o unealtă cioplită din cuarţ de acum trei milioane şi jumătate de ani. Este posibil ca valea Omo să rezerve şi alte surprize şi să aducă o nouă orientare asupra evoluţiei omului.

Foarte interesante devin pentru zilele noastre unele cazuri cînd în diferite părţi ale lumii se semnalizează existenţa unor oameni sălbatici. Sînt cunoscute cazuri sub denumirea de „omul zăpezilor", care ar fi un hominid în viaţă, ca aspect asemănător cu omul de Neanderthal.

În Mongolia, păstorii povestesc despre întîlniri cu oameni ciudaţi, denumiţi de ei almassi, găsindu-se pe teritoriile respective şi cranii asemănătoare cu ale neanderthalienilor.

În munţii Tian-Şan a fost observată în anul 1963 o urmă de picior uriaş. Păstorii localnici povestesc că vînătorii din Tian-Şan întîlnesc „oameni cu blană" foarte mari. Cercetările întreprinse au stabilit că în regiunile respective există unul sau mai mulţi hominizi în viaţă.

10.3. Dovezile originii animale a omului

Încă în opera de sistematician a lui C. Linné se găseşte expresia: „omul este un animal raţional, grăitor, biman şi cu poziţie dreaptă — raţionale, loquens, bimanum, erectum".

În prezent este pe deplin stabilit că omul este strîns legat de trunchiul animalităţii prin toate caracterele anatomice, fiziologice şi altele.

Dovezi anatomo-morfologice. Structura corpului omenesc este în mare parte identică cu cea a maimuţelor catharine (maimuţele din Lumea Veche) cu sept nazal îngust, scoarţă cerebrală diferenţiată, unghii plate, coadă scurtă sau absentă. Formula dentară la om este aceeaşi ca la majoritatea catharinelor $\frac{2}{2}$ I; $\frac{1}{1}$ C; $\frac{2}{2}$ P; $\frac{3}{3}$ M.

Din punct de vedere anatomic, omul este mai apropiat de cimpanzeu şi gorilă. Deosebirile anatomice între om şi maimuţele antropomorfe sînt în majoritatea lor neesenţiale: trunchiul despărţit prin muşchiul diafragmei, cavitatea toracică, cavitatea abdominală confirmă unitatea nu numai cu vertebratele superioare, dar chiar şi cu cele inferioare. Cele două perechi de membre pot fi omologate cu membrele batracienilor, reptilelor, păsărilor şi altor mamifere, chiar dacă acestea au fost adaptate la alte condiţii de viaţă. Aparatul circulator, părul, glandele la om sînt alcătuite din aceleaşi părţi ca şi la mamifere.

Dovezi embriologice. În elucidarea problemei privind originea omului, dovezile embriologice au o mare importanţă. Embriologia demonstrează mersul evoluţiei de la cei mai depărtaţi strămoşi pînă la stadiul uman. Embrionul uman, în primele stadii de dezvoltare, are multe

Scanned with OKEN Scanner

asemănări cu embrionii de pești, reptile și mai ales de mamifere. Așa, de exemplu, inima, la început are două încăperi, ca la pești, apoi trei ca la batracieni și reptile, iar în cele din urmă se formează și a patra încăpere caracteristică mamiferelor. În a cincea lună și pînă înainte de naștere, corpul fătului este acoperit cu păr. Creierul embrionului, de asemenea, trece prin stadii ce se observă la cele mai inferioare vertebrate.

Dovezi fiziologice și biochimice. Cercetările întreprinse în ultimele decenii au scos în evidență o serie de apropieri de ordin biochimic, hematotipic și patologic de mare însemnătate. Reacția de precipitare a sîngelui de antropomorfe este asemănătoare cu a sîngelui de om, cel mai apropiat fiind cel de cimpanzeu. Grupele sanguine 0, A, B și AB caracteristice omului se întîlnesc și la maimuțele mari. Cimpanzeul și gibonul pot contracta febră tifoidă și alte boli infecțioase, care se manifestă ca și la om.

Longevitatea antropomorfelor este asemănătoare omului, fiind de 40—60 ani la cimpanzeu, 40—50 la urangutan și 25—30 de ani la gibon.

La antropomorfe și om activitatea sexuală este continuă, fără perioade precise de împerechere, iar ciclul menstrual este mult asemănător, ceea ce implică și un mecanism hormonal similar. Durata medie a gestației este aproape aceeași: 268 zile la om, 275 zile la urangutan, 270 zile la cimpanzeu și circa 210 zile la gibon.

Dovezi genetice. Perfecționarea tehnicii de punere în evidență a cromozomilor a adus în ultima vreme o serie de dovezi citogenetice de importanță majoră. Au fost stabilite restructurările cromozomice și o parte din mutațiile genice care au dus la desprinderea omului din trunchiul comun al primatelor.

Încă prin intermediul vechilor tehnici de citogenetică se stabilise că primatele au 48 de cromozomi, iar omul 46 și că între cariotipurile lor există o oarecare asemănare, fără a se fi putut stabili mecanismul evolutiv. Prin metoda tehnicii de bandaj cromozomic, elaborată în anul 1970 de suedezii T. Caspersson și Laure Zech, s-a stabilit că între cariotipul omului și al cimpanzeului există o mare similitudine. Perechile I, III sînt perfect omologe, la cromozomii IV și V au avut loc cîte o *inversie pericentrică**, iar cromozomii VII, VIII, X, XI, XIII, XV, XIX, XXII sînt perfect omologi. Cromozomul IX a suferit o restructurare complexă, constînd în inversie pericentrică și *deleție*** foarte scurtă, cromozomii XII, XVII și XVIII au fost, de asemenea, obiectul unei inversii pericentrice. Cariotipul uman se deosebește de cel de urangutan printr-un mic număr de restructurări cromozomice încă neprecizate. Cimpanzeul diferă de gorilă numai prin două inversii pericentrice și două restructurări mai complexe.

S-a stabilit că reducerea numărului de cromozomi de la 48, caracteristic primatelor, la 46 a avut loc printr-o fuziune a doi cromozomi

---

* Prin *inversie pericentrică* se înțelege fragmentarea cromozomului și schimbul poziției fragmentelor de o parte și de alta a centromerului.

** Prin *deleție* se înțelege pierderea unei porțiuni de cromozom în urma fragmentației.

Scanned with OKEN Scanner

acrocentrici, formîndu-se cromozomi dicentrici (cu doi centromeri). În decursul evoluției unul dintre centromeri s-a pierdut, rezultînd astfel cromozomii din perechea a II-a a cariotipului uman. În urma acestor cercetări Jean de Grochy (1974) ajunge la concluzia că fuziunea și inversia pericentrică a cromozomilor constituie două mari mecanisme ale evoluției, urmate de mutațiile și duplicațiile genelor.

Obiceiuri și comportamente. La animale, în general, emoțiile se exteriorizează prin diferite mișcări ale urechilor, cozii sau prin zbîrlirea părului. La primate și mai ales la antropoide, ca și la om, acestea se exprimă prin mimica feței. Cimpanzeul, de exemplu, are o mare expresivitate a feței, el putînd manifesta toate sentimentele pe care le exprimă omul: dezgust, tristețe, mînie, furie, frică, mirare, atenție, bucurie, tandrețe. Unele gesturi amintesc manifestările omului, de exemplu, cînd este pus în încurcătură, cimpanzeul se scarpină în cap, aflat într-un vehicul cu bare de susținere, la cea mai mică zguduitură caută un sprijin prin agățare cu mîna etc.

Organe rudimentare și fenomene de atavism. Organismul uman are aproape 100 organe ce și-au pierdut importanța pe care au avut-o la strămoșii îndepărtați. Dintre rudimentele mai importante pot fi amintite: învelișul păros rudimentar; vertebrele codale; prezența apendicului (la animalele ierbivore este bine dezvoltat și participă la digestie); măseaua minții apare la 17—18 ani și este redusă, ceea ce dovedește că la strămoși dinții au fost mai puternici; mușchii auriculari și multe altele.

10.4. Rasele umane

Specia umană *Homo sapiens* este diferențiată în patru rase principale: *albă* sau europoidă, *galbenă* sau mongoloidă, *neagră* sau negroidă și *australoidă* (fig. 37).

Rasa albă sau *europoidă* se caracterizează prin piele „albă", barbă și mustăți puternice, păr ondulat sau drept, negru sau blond etc. Este

Fig. 37. Diferențierea speciei *Homo sapiens* în patru rase de bază: (de la stînga la dreapta) -negroidă, mongoloidă, europoidă și australoidă.

Scanned with OKEN Scanner

rasa cea mai numeroasă și se diversifică în 5 subrase secundare: nordici, est-europeni, mediteranieni, alpini și dinarici.

Rasa galbenă sau *mongoloidă* prezintă pielea de culoare „galbenă" pînă la brun, părul drept și rigid, barbă și mustăți slab dezvoltate, ochii oblici, fața cu pomeți proeminenți, nasul de obicei turtit și puțin proeminent. Ocupă cea mai mare parte din Asia și o parte din America de Nord (indienii americani).

Rasa neagră sau *negroidă* se caracterizează prin piele de culoare neagră sau brună, păr negru și creț sau lînos, buze groase și răsfrînte, femeile au sînii conici. Există mai multe subrase cu caractere distincte.

Rasa australoidă se distinge prin piele brună, păr negru și buclat, față și corp păros, buze groase, nas lățit și larg etc. Rasa este răspîndită în Australia, Sri-Lanka și în peninsula Malacca.

Deosebirile dintre rase sînt de ordin morfologic; culoarea și structura pielii, a părului, a ochilor, capului, buzelor și altele. Fiziologic pot fi semnalate mici deosebiri sanguine, intensitatea metabolismului, receptivitatea față de diferite boli etc. Toate acestea se datoresc unor mutații genice apărute în decursul mileniilor (fig. 38).

Un criteriu important în stabilirea speciei este posibilitatea obținerii de descendenți fertili în urma încrucișării. Ori este cunoscut faptul că din încrucișarea raselor existente se obțin descendenți fertili.

Cu toate acestea a existat tendința rasistă de a considera rasele actuale drept trepte diferite în evoluția omului. Această tendință s-a conturat într-o teorie reacționară denumită *teoria polifiletică*. Adepții

Fig. 38. Reprezentanții speciei *Homo sapiens*.

Scanned with OKEN Scanner

teoriei polifiletice susţineau că rasele existente provin din specii diferite, care au apărut independent şi izolat una de alta. Se pretindea că rasa europeană descinde din neanderthalieni, cea mongoloidă din sinantropi, cea australoidă din pitecantropi, iar cea negroidă din australopiteci.

Teoria polifiletică avea ca scop justificarea teoriilor rasiste referitoare la superioritatea unei rase faţă de altele şi motivarea exploatării ţărilor coloniale. Un mare pericol pentru omenire a prezentat rasismul fascist, care în numele superiorităţii rasei ariene (nordice) faţă de celelalte a declanşat cel de-al doilea război mondial, cel mai sîngeros din istoria omenirii.

Datele ştiinţifice dovedesc că nu poate fi vorba de superioritatea unei rase faţă de alta, că, în general, nici nu există rasă pură. Omul niciodată nu a fost izolat, el şi-a schimbat locul în căutarea unor condiţii mai bune de viaţă, prin aceasta facilitînd amestecul între diferitele rase.

O dovadă convingătoare că nu există rase superioare şi inferioare o aduce, pe plan istoric, cultura excepţională cunoscută în antichitate la egipteni, chinezi, indieni şi alţii.

Împotriva teoriei polifiletice a fost formulată *teoria monofiletică,* bazată pe date ştiinţifice. Această teorie demonstrează convingător că rasele actuale aparţin speciei *Homo sapiens.* Deosebirile dintre rasele existente sînt urmarea condiţiilor de mediu în care rasele s-au format.

10.5. **Supoziţii privind viitorul omului**

Unde va ajunge omenirea, este o întrebare pe care şi-o pune astăzi orice reprezentant al speciei *Homo sapiens.* La această întrebare s-au dat răspunsuri diferite. Unii (R. Broom, A. Bîstrov) consideră că evoluţia omului, cel puţin din punct de vedere fizic, este încheiată, că omul a atins un echilibru biologic şi că dezvoltarea sa se va desfăşura numai pe plan social, cultural şi economic. Alţii au concepţii pesimiste, considerînd că absenţa selecţiei naturale asupra omului va duce la acumularea de gene „rele", vor apare, astfel, oameni din ce în ce mai debili. O a treia categorie de anatomişti şi antropologi prevăd apariţia speciei *Homo sapientissimus,* al cărei reprezentant ar avea un creier uriaş pe un corp redus, lipsit de gît. El va fi complet dependent de maşinile automate pe care le-a creat. Punctul de plecare al acestor pesimişti îl constituie evoluţia volumului cranian la om în decursul evoluţiei.

Biologul englez Haldane schiţează omul care va fi peste 5 000 de ani astfel: mult deosebit biologic şi psihic, puţin deosebit anatomic, cap ceva mai mare, dar nu uriaş, dinţi mai puţini, mişcări suple, dezvoltare individuală mai lentă, continuînd să înveţe pînă la 40 de ani, durata vieţii de cîteva secole, va poseda în unele ramuri capacităţi pe care azi le considerăm geniale.

Cunoştinţele noastre ne permit să concluzionăm că nu va fi posibil să se ajungă la o stare de stabilitate atîta timp cît există organisme vii ce trăiesc în raport cu factori variabili de mediu. Omul, deci, va evo-

Scanned with OKEN Scanner

lua şi în viitor. Cum va evolua nu se poate răspunde sigur, dar avînd în vedere faptul că omul este conştient de propria sa existenţă şi de acţiunea evoluţiei biologice, el poate deveni un factor important în limitarea unor posibilităţi evolutive de viitor, el va putea modifica şi utiliza mediul în mod conştient. Evoluţia biologică se va desfăşura în interacţiunea cu evoluţia socială şi culturală.

Evoluţia viitoare a speciei *Homo sapiens* va depinde în mare măsură de noi înşine. Activitatea omului a dus la explozia tehnico-ştiinţifică. Aceasta face ca asupra omului să acţioneze, în afara mediului natural, un al doilea „mediu" creat de el, mediu capabil să devină factor al evoluţiei. La sfîrşitul celui de-al doilea mileniu al erei noastre omul trebuie să înţeleagă că el trebuie să influenţeze cel de-al doilea mediu al evoluţiei sale.

Apariţia unei noi specii umane nu este posibilă, aceasta ar însemna izolare reproductivă şi îndelungată a unui mic grup de oameni, ceea ce în condiţiile prezente şi viitoare nu este posibil.

Omul va trebui să aibă de pe acum o viziune clară asupra consecinţelor genetice posibile ale civilizaţiei actuale pe care a făurit-o. Efectele dăunătoare ale radiaţiilor, ale poluării, precum şi ale terapeuticilor prea îndelungate vor trebui limitate, altfel ele vor afecta patrimoniul ereditar uman.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A DOUA

GENETICA

CAPITOLUL 11

OBIECTUL, LEGĂTURA CU PRACTICA ŞI METODELE DE CERCETARE ALE GENETICII

Obiectul geneticii. Genetica este ştiinţa care se ocupă cu studiul eredităţii şi variabilităţii organismelor. Prin *ereditate* se înţelege însuşirea organismelor de a reproduce descendenţi asemănători cu părinţii. Denumirea de ereditate vine de la cuvîntul latinesc *hereditas* şi înseamnă *moştenire*.

Obiectul geneticii este atît cunoaşterea mecanismelor ereditare prin care se asigură asemănarea dintre părinţi şi urmaşi, cît şi a celor care duc la apariţia de însuşiri noi. Progresul tehnic şi realizările geneticii au făcut ca obiectul acestei ştiinţe să se extindă asupra unei game de probleme din ce în ce mai bogate, ca: elaborarea metodelor de inducere a mutaţiilor în mod dirijat, structura chimică şi moleculară a bazei materiale a eredităţii, natura biochimică a proceselor de metabolism condiţionate genetic, soluţionarea problemelor legate de modul în care a apărut viaţa pe pămînt, mecanismele genetice ale evoluţiei vieţuitoarelor, explicarea şi prevenirea maladiilor ereditare etc.

Locul geneticii în cadrul ştiinţelor biologice. Problemele rezolvate de genetică au interesat în mod deosebit multe dintre ştiinţele biologice. Datorită realizărilor obţinute, genetica a devenit una din cele mai dinamice ştiinţe biologice.

Multe dintre realizările geneticii moderne contribuie la explicarea modului în care a apărut şi evoluat viaţa pe Pămînt. Prin aceasta, genetica se află în strînsă legătură cu biologia generală, căreia îi furnizează material faptic pe care se sprijină teoria apariţiei vieţii şi teoria sintetică a evoluţiei.

Pe măsura dezvoltării sale, genetica a devenit o disciplină de interferenţă cu majoritatea disciplinelor care se ocupă de studiul fenomenelor naturii. În cercetările de genetică se folosesc metode preluate din matematică, statistică, biochimie, fizică, citologie şi altele.

Marile succese înregistrate în genetică au dus la diferenţierea ei în funcţie de direcţiile de cercetare şi după obiectul de studiu.

În funcţie de direcţiile de cercetare distingem: *citogenetica*, ramura care studiază mecanismul eredităţii la nivelul cromozomilor şi a altor constituenţi celulari; *genetica biochimică şi moleculară*, care explică fenomenele eredităţii la nivelul structurilor moleculare şi submoleculare, precum şi modul în care factorii genetici condiţionează reacţiile biochimice din organism; *radiogenetica*, precizează rolul modificator al radiaţiilor asupra eredităţii etc.

În funcţie de obiectul de studiu, genetica se împarte în: *genetica plantelor, genetică animală, genetica umană* şi *genetica microorganismelor*.

Scanned with OKEN Scanner

Legătura geneticii cu practica. Această legătură a constituit și constituie una din condițiile de bază, care a favorizat dezvoltarea tumultuoasă a geneticii. Genetica este strîns legată de cerințele agriculturii, medicinii umane și veterinare, industriei de medicamente, iar în zilele noastre geneticii i se rezervă un rol deosebit în conservarea naturii.

Pentru agricultură, genetica constituie baza teoretică a ameliorării plantelor și animalelor, revenindu-i rolul de a elabora metodele cele mai adecvate care se aplică în crearea și îmbunătățirea soiurilor de plante și raselor de animale. Soiurile și rasele reprezintă pentru agricultură importante mijloace de producție, care trebuie să corespundă în permanență nivelului de dezvoltare și cerințelor sociale.

În domeniul medicinii, genetica are menirea de a descoperi și explica natura bolilor ereditare și prin aceasta să evite apariția de descendenți cu malformațiuni genetice. Geneticii îi revine și rolul de a explica și preveni omenirea de urmările nefaste ale folosirii armelor nucleare, arătînd că persoanele care au suferit iradieri în doze neadmisibile organismului dau urmași cu defecțiuni ereditare.

Sfera de influență și control a geneticii va fi extinsă peste tot unde există viață. Atmosfera, solul și oceanul au început să suporte cu greutate intervenția necontrolată a omului. Genetica este chemată să vegheze asupra păstrării echilibrului biologic spre binele omenirii.

O influență pozitivă a exercitat genetica asupra industriei de medicamente. Prin mutageneză au fost create tulpini de penicilină mai productive cu peste 50 de ori față de formele inițiale și de calitate mult superioară. Productivitatea tulpinilor de biomicină a crescut cu 600%, a tetramicinei cu 800%, iar a eritromicinei și oleandomicinei cu 800—1000%.

Un alt domeniu unde genetica este chemată să contribuie prin metode moderne de investigație este sistematica, taxonomia multor specii solicitînd aplicarea metodelor specifice geneticii.

Metodele de cercetare. Pentru cunoașterea legilor care guvernează transmiterea caracterelor și însușirilor la descendenți, genetica folosește o serie de metode specifice, printre care amintim pe cele mai importante.

1. *Metoda hibridologică* este metoda de bază și specifică geneticii, pentru prima oară fiind folosită în mod științific de către Gr. Mendel. Metoda constă în încrucișarea de forme cu însușiri diferite și în analiza hibrizilor într-o serie de generații, ceea ce permite stabilirea legilor de transmitere a caracterelor și a posibilităților de obținere a unor descendenți cu caractere noi.

2. *Metoda citologică* aprofundează cunoștințele despre baza materială a eredității prin studiul cromozomilor, al modificărilor structurale și numerice și urmările lor asupra caracterelor și însușirilor ereditare. Metoda hibridologică combinată cu metoda citologică au dus la apariția *citogeneticii.*

3. *Metoda matematică* se folosește sub forma statisticii matematice și a analizei variației, prin intermediul cărora fenomenele genetice sînt supuse unui calcul riguros, genetica devenind astfel o știință precisă.

Scanned with OKEN Scanner

Legătura geneticii cu practica. Această legătură a constituit și constituie una din condițiile de bază, care a favorizat dezvoltarea tumultuoasă a geneticii. Genetica este strîns legată de cerințele agriculturii, medicinii umane și veterinare, industriei de medicamente, iar în zilele noastre geneticii i se rezervă un rol deosebit în conservarea naturii.

Pentru agricultură, genetica constituie baza teoretică a ameliorării plantelor și animalelor, revenindu-i rolul de a elabora metodele cele mai adecvate care se aplică în crearea și îmbunătățirea soiurilor de plante și raselor de animale. Soiurile și rasele reprezintă pentru agricultură importante mijloace de producție, care trebuie să corespundă în permanență nivelului de dezvoltare și cerințelor sociale.

În domeniul medicinii, genetica are menirea de a descoperi și explica natura bolilor ereditare și prin aceasta să evite apariția de descendenți cu malformațiuni genetice. Geneticii îi revine și rolul de a explica și preveni omenirea de urmările nefaste ale folosirii armelor nucleare, arătînd că persoanele care au suferit iradieri în doze neadmisibile organismului dau urmași cu defecțiuni ereditare.

Sfera de influență și control a geneticii va fi extinsă peste tot unde există viață. Atmosfera, solul și oceanul au început să suporte cu greutate intervenția necontrolată a omului. Genetica este chemată să vegheze asupra păstrării echilibrului biologic spre binele omenirii.

O influență pozitivă a exercitat genetica asupra industriei de medicamente. Prin mutageneză au fost create tulpini de penicilină mai productive cu peste 50 de ori față de formele inițiale și de calitate mult superioară. Productivitatea tulpinilor de biomicină a crescut cu 600%, a tetramicinei cu 800%, iar a eritromicinei și oleandomicinei cu 800—1000%.

Un alt domeniu unde genetica este chemată să contribuie prin metode moderne de investigație este sistematica, taxonomia multor specii solicitînd aplicarea metodelor specifice geneticii.

Metodele de cercetare. Pentru cunoașterea legilor care guvernează transmiterea caracterelor și însușirilor la descendenți, genetica folosește o serie de metode specifice, printre care amintim pe cele mai importante.

1. *Metoda hibridologică* este metoda de bază și specifică geneticii, pentru prima oară fiind folosită în mod științific de către Gr. Mendel. Metoda constă în încrucișarea de forme cu însușiri diferite și în analiza hibrizilor într-o serie de generații, ceea ce permite stabilirea legilor de transmitere a caracterelor și a posibilităților de obținere a unor descendenți cu caractere noi.

2. *Metoda citologică* aprofundează cunoștințele despre baza materială a eredității prin studiul cromozomilor, al modificărilor structurale și numerice și urmările lor asupra caracterelor și însușirilor ereditare. Metoda hibridologică combinată cu metoda citologică au dus la apariția *citogeneticii.*

3. *Metoda matematică* se folosește sub forma statisticii matematice și a analizei variației, prin intermediul cărora fenomenele genetice sînt supuse unui calcul riguros, genetica devenind astfel o știință precisă.

Scanned with OKEN Scanner

4. *Metoda ontogenetică* permite studierea acțiunii genei și manifestarea ei în dezvoltarea individuală.

Pentru aprofundarea cunoștințelor, genetica folosește în ultima vreme și metode caracteristice altor discipline: metode de analiză biochimică, citofiziologică, autoradiografie, citofotospectrometrie și altele.

CAPITOLUL 12

BAZELE CITOLOGICE ALE EREDITĂȚII

Principiile eredității nu pot fi înțelese fără o cunoaștere temeinică a structurii celulei și a particularităților citologice ale diviziunilor celulare și fecundației. Apariția și dezvoltarea geneticii ca știință biologică au fost condiționate în primul rînd de cunoașterea celulei.

12.1. Structura celulei

Prin cercetările întreprinse în secolul al XIX-lea cu ajutorul microscopului obișnuit s-a stabilit că celula se compune din membrană, citoplasmă și nucleu. În ultimele decenii, microscopia electronică a adus noi date despre structura fină a celulei (fig. 39).

Dimensiunile și forma celulelor oscilează de la o specie la alta, avînd în medie un diametru de 5—10 microni. Limitele în care pot oscila dimensiunile celulelor animale și vegetale sînt foarte mari. La multe bacterii diametrul celulelor este în jur de 0,4 microni, în timp ce neuronii se întind pe mai multe zeci de cm. De asemenea, fibrele unor

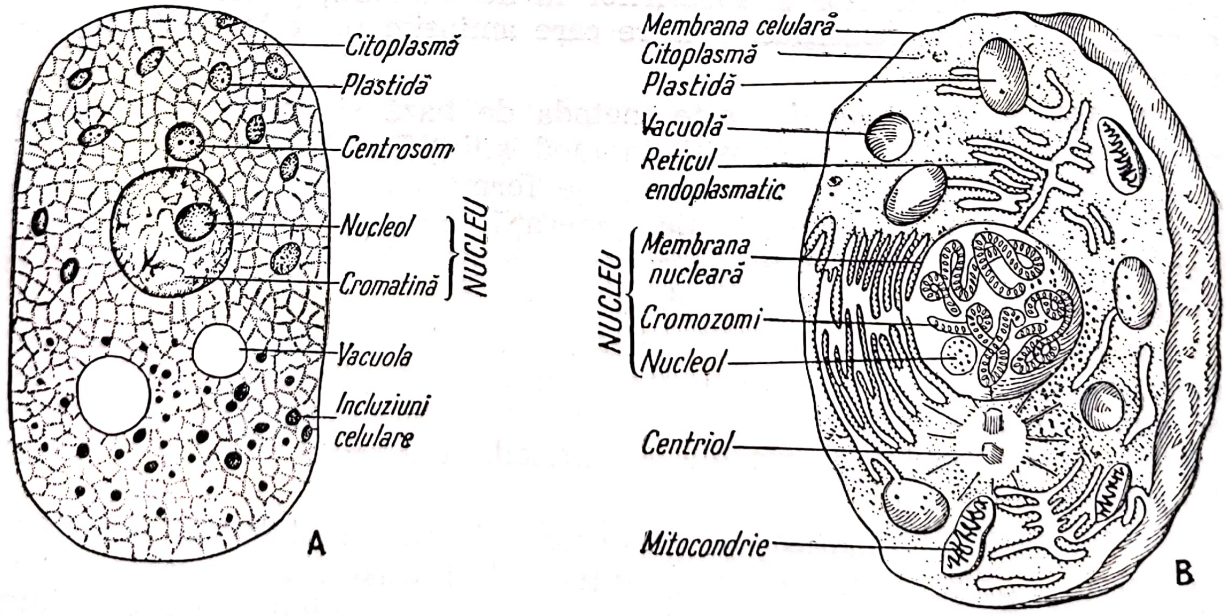


Fig. 39. Structura celulei:
A — descrisă de Willson în 1896; *B* — așa cum o cunoaștem azi.

soiuri de cînepă ating lungimi de 20 cm. Limitele în care pot fi încadrate dimensiunile celulare la diferite specii sînt următoarele: Bacil *(B. mycoides)* 4 microni (μ), globule roșii la om 8 μ, celule epidermice la ceapă 10 μ, ovul la femei 200 μ, anterozoid *(Zamia)* 500 μ, algă *(Valonia)* 10 000 μ.

Membrana celulară. Denumită și plasmalemă sau învelișul exterior, membrana este partea de legătură dintre celule. Are un rol fiziologic și biochimic activ în viața celulelor, intervenind în schimburile de substanțe de la o celulă la alta și protejînd citoplasma de contactul nemijlocit cu mediul înconjurător pentru a menține constantă compoziția internă. Nu este înzestrată cu informație ereditară și nu participă la metabolism.

Suprafața celulei animale apare la microscopul optic netedă, în timp ce la microscopul electronic are un aspect neregulat, datorită numeroaselor sale proeminențe. Secționată perpendicular, membrana apare la microscopul electronic sub forma a două benzi groase, fiecare de cîte 20 Å,* între care se găsește un spațiu de 35 Å. Între fața internă și cea externă a membranei există o diferență de potențial electrochimic, cea internă fiind încărcată negativ, iar cea externă pozitiv. Fața exterioară are un caracter accentuat hidrofil, datorită unui strat proteic extins și bogat în hidrați de carbon.

Citoplasma. Citoplasma sau plasma celulară se compune dintr-o masă granuloasă, vîscoasă, care ocupă spațiul dintre nucleu și partea internă a membranei. Citoplasma din jurul nucleului se numește *endoplasmă*, cea dinspre periferia celulei *ectoplasmă*, iar cea din jurul vacuolelor *tonoplasmă*. La microscopul electronic se constată că citoplasma se compune din două mari compartimente: citoplasma fundamentală sau matricea citoplasmatică denumită hialoplasmă și formațiuni structurale (organite și incluziuni citoplasmatice).

Citoplasma fundamentală sau *hialoplasma.* Reprezintă suportul organitelor și incluziunilor citoplasmatice. La microscopul obișnuit, hialoplasma apare omogenă, iar în cadrul celulei vii asigură citoplasmei vîscozitate. Hialoplasma joacă un rol important în metabolism, dovedit prin prezența enzimelor active, a aminoacizilor, precum și a nucleotidelor. Morfologia hialoplasmei diferă după tipul celulei, vîrstă, stare fiziologică și chiar de la o regiune la alta a aceleiași celule. Dacă se taie o celulă sub apă, hialoplasma se desprinde în sferule de coacervate, în jurul cărora se formează o membrană semipermeabilă.

Organitele citoplasmatice. Dintre organitele citoplasmatice, cele mai importante sînt: plastidele, condriozomii, vacuola, aparatul Golgi, reticulul endoplasmatic, microzomii, ribozomii, centrozomii și altele.

Plastidele, prezente numai la plante, asigură sinteza clorofiliană (cloroplastele) și diversitatea coloritului la plante (cromoplastele). În citoplasma plantelor care trăiesc la întuneric se întîlnesc *leucoplastele,* care expuse luminii se transformă în cloroplaste, prin aceasta dovedindu-se originea lor comună. La unele plante se întîlnește și o altă categorie de plastide — *elaioplastele.*

* Å (angström)=unitate de măsură liniară 1 Å=10^{-10} m

Scanned with OKEN Scanner

Condriozomii sînt organite celulare care cuprind trei feluri de formaţiuni celulare: *condriozomii* propriu-zişi (formaţiuni filamentoase), *condriomitele* (formaţiuni granuloase) şi *mitocondriile*. Condriozomii, condriomitele şi mitocondriile se pot transforma unii în alţii. Funcţia condriozomilor, în special a mitocondriilor, este aceea de a fi sediul proceselor de oxidare celulară, sediul respiraţiei celulare.

Plastidele şi condriozomii se înmulţesc prin diviziune. Mitocondriile reprezintă principalele elemente producătoare de energie din celulă. Mitocondriile sînt organite celulare capabile să transforme energia de oxidare în energie chimică, utilizată de celule pentru toate celelalte manifestări energetice.

Vacuola apare numai în anumite perioade din dezvoltarea celulei.

Aparatul Golgi este localizat în jurul nucleului şi se presupune că îndeplineşte funcţia de eliminare a produşilor de secreţie ai celulei.

Microscopia electronică a stabilit că aparatul Golgi este constituit din elemente numite *dictiozomi*. Dictiozomul, la rîndul său, este alcătuit din saculi turtiţi, a căror margine se dilată şi formează vezicule, care se acumulează în jurul dictiozomului, înainte de a se dispersa în citoplasmă. Dictiozomii sînt distruşi sub acţiunea antipirinei, dar se refac repede cînd aceasta este eliminată.

Reticulul endoplasmatic, descris de către Porter şi Palade* (1952—1954), se prezintă sub forma unor canale submicroscopice, foarte fine, care fac legătura între toate componentele intracelulare, membrana nucleului şi membrana externă a celulei, formînd o reţea în hialoplasmă. Se presupune că rolul reticulului endoplasmatic constă în transportul intracelular.

Microzomii sînt fragmente de reticul de forma unor vezicule mici, pe a căror suprafaţă externă se găsesc ribozomii.

Ribozomii sau *granulaţiile Palade** sînt formaţi din vezicule închise, delimitate de o membrană constituită dintr-un material dens, localizat pe canalele reticulului endoplasmatic. Ribozomii constituie sediul biosintezei proteinelor.

Lizozomii sînt organite celulare descoperite în anul 1955 de către De Duve şi colaboratori. Au o membrană simplă, lipoproteică, conţinutul este relativ dens, bogat în hidrobaze acide.

Nucleul. Este unul din cei mai importanţi componenţi ai celulei. Nucleul se observă în interfază, cînd ocupă 10—20% din volumul celulei. Se compune din carioplasmă, din unul sau mai mulţi nucleoli şi din membrana nucleară.

Carioplasma se compune din cariolimfă şi filamente de cromatină ce alcătuiesc *cromozomii,* componenţi principali ai nucleului, care participă intens la metabolismul celulei şi sînt răspunzători de transmiterea caracterelor ereditare de la o generaţie la alta. Nucleul controlează metabolismul celulei şi este în strînsă interacţiune cu citoplasma. Celulele cu un singur nucleu se numesc *monocariocite,* iar cele cu mai mulţi nuclei *policariocite.*

* Renumit om de ştiinţă, de origină română, căruia i s-a decernat premiul Nobel pentru medicină în anul 1974.

Scanned with OKEN Scanner

Dintre organitele nucleului face parte *nucleolul*, care se observă din telofază pînă în profaza tîrzie. Este un organit dens și rotund, constituit din proteine și acizi nucleici. De obicei se întîlnește numai la cromozomii satelitiferi (v. pag. 134), fiind amplasat pe filamentul care leagă satelitul de cromozomul său. În ultimul timp s-a constatat că nucleolii se formează și pe unele din construcțiile secundare, ceea ce face ca numărul lor să nu fie egal cu numărul cromozomilor satelitiferi. Spre deosebire de cromozom, nucleolul are reacție bazică și se colorează numai cu coloranți acizi.

12.2. Rolul nucleului în ereditate. Cromozomii

Nucleul celulei a fost observat și descris de către R. Brown în anul 1831, iar cromozomii în anul 1848. Studiul morfologiei cromozomilor a devenit posibil după anii 1874—1888, cînd au fost înregistrate succese deosebite în tehnica microscopică.

Înainte de a se stabili rolul cromozomilor în ereditate, cercetătorii ajunseseră la concluzia că nucleul are un rol deosebit în viața celulei. Această concluzie se sprijinea pe observațiile făcute asupra nucleului la microscop, la specii de plante cu diferite grade de poliploidie. Se stabilise că:

— mărirea numărului de cromozomi atrage după sine mărirea nucleului și modificări morfologice și fiziologice;

— celulele anucleate, ce se formează uneori în procesul de poliploidie, sînt sortite pieirii la scurt timp după apariția lor;

— diviziunile celulare sînt însoțite de transformarea nucleului, în final divizîndu-se egal în două celule-fiice, abaterile avînd urmări grave pentru organism.

Cromozomii se deosebesc unul de altul ca formă și mărime putînd fi grupați în perechi de cromozomi identici denumiți *cromozomi omologi*. Astfel *Secale cereale* conține 14 cromozomi ce pot fi separați în 7 perechi, *Crepis capilaris* conține 3 perechi de cromozomi omologi etc. (fig. 40).

Se abat de la această regulă cromozomii sexului *X* și *Y*, care sînt diferiți ca formă și mărime, cromozomul *X* fiind mult mai mare. La unele specii cromozomii *X Y* au o porțiune omologă putîndu-se conjuga în diviziunea reducțională. Cromozomii sexului se numesc *heterocromozomi*, iar restul cromozomilor *autozomi*.

Forma cromozomilor depinde de locul unde este situat *centromerul*, care împarte cro-

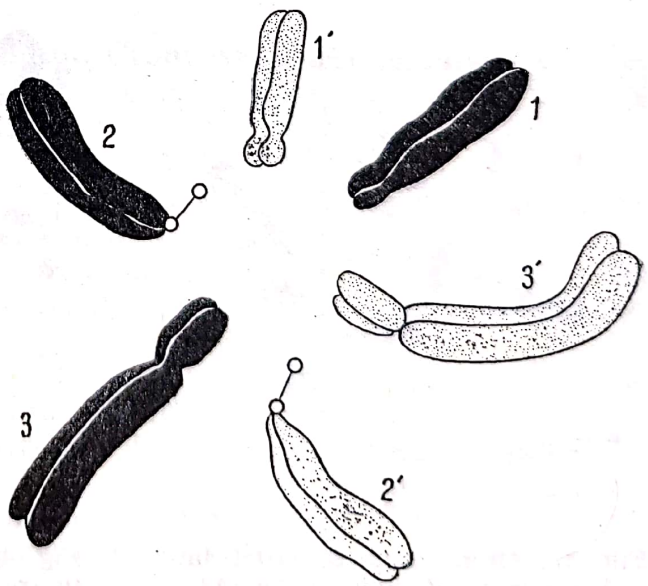


Fig. 40. Cromozomi somatici la *Crepis capilaris* $2n=6$, se disting perechile 1, 2 și 3.

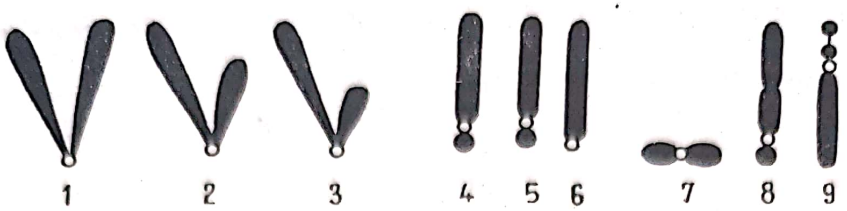


Fig. 41. Morfologia cromozomilor în metafaza mitotică:
1 și *7* — cromozomi izobrachiali (metacentrici); *2* — cromozom heterobrachial (submetacentric); *3, 4, 5, 8* — cromozomi acrocentrici, evident heterobrachiali; *6* — cromozom telocentric cu centromer terminal; *9* — cromozom satelitifer.

mozomul în două părți denumite brațe cromozomale. În funcție de aceasta se deosebesc:

— *cromozomi izobrachiali, metacentrici* sau cromozomi cu brațe egale, pot fi observați la microscopul obișnuit sub forma unor configurații de literă *V* sau de bastonaș;

— *cromozomi heterobrachiali (submetacentrici),* cu brațe inegale;

— *cromozomi cefalobrachiali (telocentrici),* cu centromerul spre una din extremități. La unii cromozomi se întîlnesc constricții și în afara centromerului, izolînd oarecum extremitatea cromozomului și formînd așa numiții *sateliți* sau *trabanți* (fig. 41).

Forma și numărul perechilor de cromozomi identici sînt constante în toate celulele somatice, ceea ce permite deosebirea unei specii de alta cu ajutorul studiilor citologice (fig. 42).

Cromozomii giganți (politenici) au dimensiuni de 70—200 ori mai mari decît cei obișnuiți. Au fost descoperiți în glandele salivare la larvele de *Drosophila.* Structura lor este asemănătoare cu a cromozomilor obișnuiți, deosebindu-se doar prin dimensiuni (fig. 43).

Cromozomii „perie de lampă" pot fi observați în nucleii oocitelor la vertebrate în timpul profazei meiotice. Au o formă deosebită, fiind com-

Fig. 42. Cromozomi somatici la *Agropyrum elongatum, 2n=14* (original).

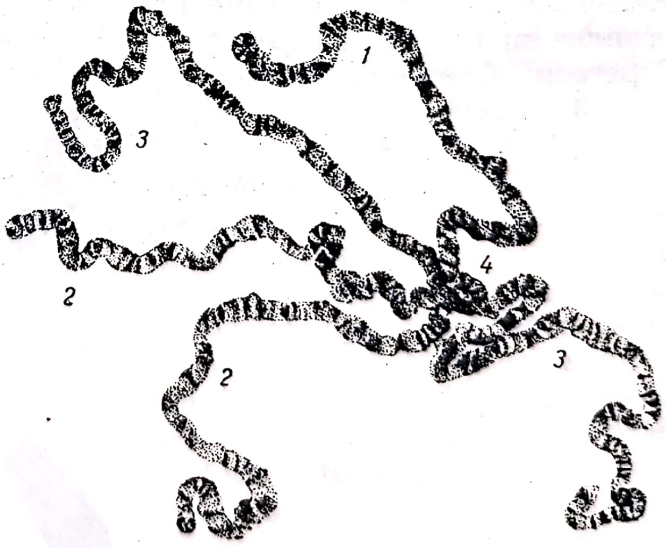


Fig. 43. Cromozomi giganți din glandele salivare la o femelă de *Drosophila melanogaster:*
1 — cromozomul sexului; *2, 3, 4* — autozomi.

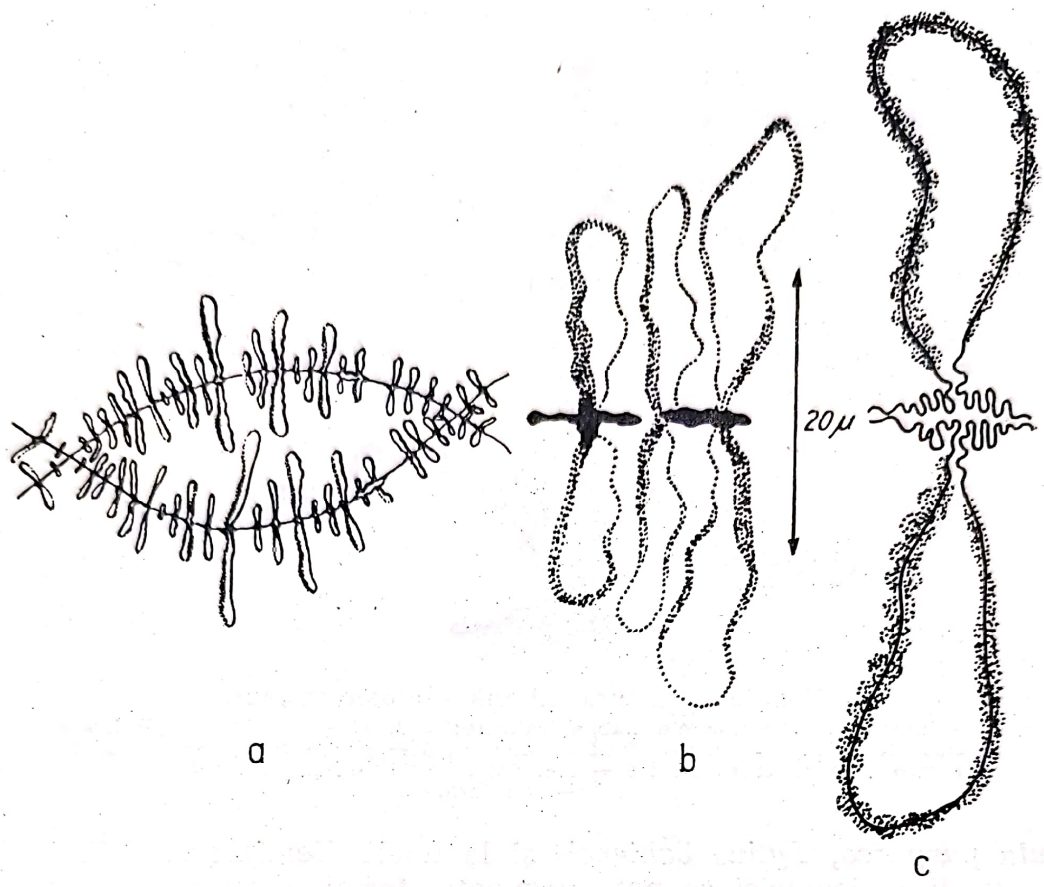


Fig. 44. Cromozom „perie de lampă":
a — schema unui bivalent; *b* — secțiune prin cromozom; *c* — structura buclei și a cromonemelor.

puși dintr-o axă pe care sînt dispuse cromomerele din care ies perechi de bucle filiforme. Dimensiunile acestor cromozomi ajung pînă la 800—1 000 microni (fig. 44).

Structura internă a cromozomului. Cromozomii sînt compuși din filamente spiralizate de nucleotide. Fiecare cromozom este constituit din două filamente principale denumite *cromatide*. Cromatidele se compun din două *cromoneme,* iar cromonemele pot fi compuse din 2, 4, 6, 8, 16 etc. filamente de nucleoproteide (fig. 45). Pe lungimea cromonemelor se observă niște noduli ce se colorează intens denumiți *cromomere*. Mult timp s-a crezut că ele ar reprezenta genele. S-a dovedit însă că genele se găsesc și între cromomere, rolul cromomerelor rămînînd încă neclar.

Centromerul sau cinetochorul este locul de inserție al celor două cromatide, unde cromozomul prezintă așa-numita constricție. Cu ajutorul centromerului cromozomii se atașează pe firele fusului nuclear, asigurîndu-se deplasarea lor înspre poli atît în mitoză cît și în meioză. Cromozomii lipsiți de centromer devin inactivi în timpul diviziunii și sînt eliminați din celulă, prin aceasta dovedindu-se rolul centromerului ca un centru mecanic în diviziune. Majoritatea speciilor au cromozomi cu un singur centromer. Au fost totuși descoperiți și cromozomi policentrici la

Scanned with OKEN Scanner

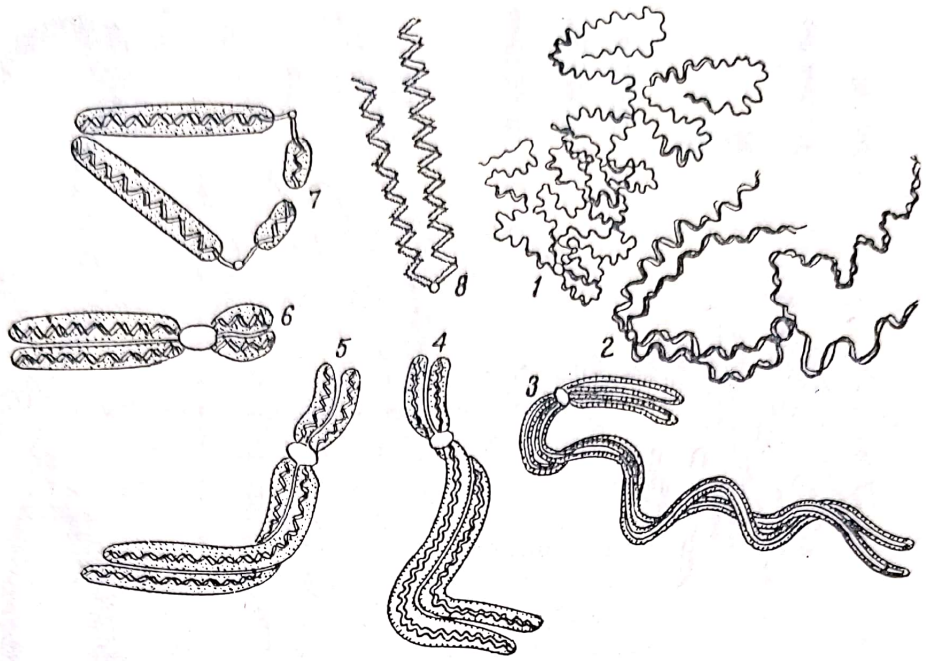


Fig. 45. Structura internă a cromozomului:
1 — interfaza, cromonemele slab spiralizate; *2, 3, 4* — profaza, spiralizarea se accentuează, se formează două cromatide; *5* — prometafaza, se conturează formarea a patru cromatide; *6* — metafaza, spiralizare maximă; *7* — anafaza; *8* — telofaza.

Luzula purpurea, Tytius bahiensis și la unele *Hemiptere*. Prin iradiere cromozomii policentrici se pot fragmenta, formînd cromozomi independenți.

Spiralizarea cromozomilor. Comportarea cromozomilor în timpul vieții celulei și în special în diviziunea celulară este strîns legată de o serie de fenomene de spiralizare și despiralizare. În interfază, cromozomii sînt despiralizați, fenomen care permite reproducerea cromozomilor în stare de filamente. După reproducere cromonemele se spiralizează și cromozomul trece în *profază mitotică*. În metafază, cromozomii sînt spiralizați atît de mult, încît lungimea lor se reduce la 1/12.

În profază, cromatidele se spiralizează prin răsucire una în jurul celeilalte, o astfel de spiralizare numindu-se *plectonemică*, în timp ce cromonemele se spiralizează prin formarea de zigzaguri individualizate, spiralizare numită *paranemică* (fig. 46). În metafază, cromatidele, pentru a se putea despărți, trebuie mai întîi să se despiralizeze, în timp ce cromonemele se pot despărți prin dezlipire.

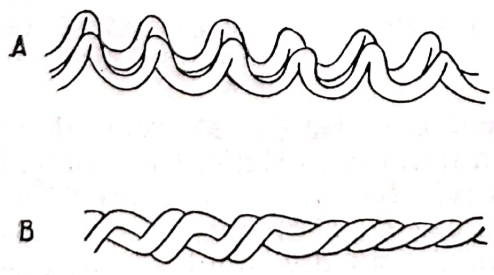


Fig. 46. Tipuri de spiralizare:
A — spiralizarea paranemică a cromonemelor; *B* — spiralizarea plectonemică a cromatidelor.

Numărul cromozomilor. În toate celulele somatice ale unei specii se găsește un număr constant de cromozomi. Cromozomii dintr-o celulă somatică alcătuiesc *setul cromozomal*. Acesta provine din unirea, în fecundație, a două garnituri cromozomale, una de la mamă

Scanned with OKEN Scanner

și una de la tată. Numărul de cromozomi din celula somatică se notează cu 2 *n*, iar numărul de cromozomi din gameți se notează cu *n*. Numărul cromozomilor din celula somatică se numește *număr diploid* și este de două ori mai mare decît numărul cromozomilor din celulele gametice. Cromozomii din gameți alcătuiesc *garnitura haploidă*.

Între numărul de cromozomi și poziția filogenetică nu s-a putut stabili nici o corelație, întîlnindu-se specii cu o poziție filogenetică inferioară, dar cu un număr mare de cromozomi și specii cu grad superior de evoluție, dar cu număr mic de cromozomi (tab. 4).

Tabelul 4

Numărul de cromozomi din celule somatice (2 n) la o serie de specii de plante și animale

Nr. crt.	Denumirea speciei	Numărul total de cromozomi (2 *n*)	Cromozomi autozomi	Cromozomii sexului
1	*Homo sapiens* (omul)	46	44	2
2	*Gorilla gorilla*	48	46	2
3	*Gallus domesticus* (găina)	78	76	2
4	*Columba livia* (porumbelul)	80	78	2
5	*Equus caballus* (calul)	66	64	2
6	*Canis familiaris* (cîinele)	78	76	2
7	*Astacus fluviatilis* (racul)	116	114	2
8	*Paser domesticus* (vrabia)	76	74	2
9	*Triticum aestivum* (grîul comun)	42	42	—
10	*Zea mays* (porumbul)	20	20	—
11	*Solanum tuberosum* (cartoful)	48	48	—
12	*Piper nigrum* (piperul)	128	128	—
13	*Morus nigra* (dudul)	308	308	—
14	*Escherichia coli* (bacterie)	1	1	—

Numărul constant de cromozomi pentru indivizii aceleiași specii se asigură de către *diviziunea mitotică*, prin reproducerea continuă a setului cromozomal somatic specific zigotului format din unirea în fecundație a doi gameți, fiecare cu numărul de cromozomi redus la jumătate, în diviziunea reducțională.

12.3. Diviziunea celulară

Diviziunea celulară este unul dintre cele mai importante fenomene biologice, datorită căruia se asigură continuitatea vieții, dezvoltarea și regenerarea tuturor organismelor. Diviziunea celulară începe cu diviziunea nucleului și se termină cu diviziunea citoplasmei. Cele mai caracteristice tipuri de diviziune sînt mitoza și meioza.

Mitoza. *Diviziunea mitotică* sau *cariochineza* (denumirea vine de la cuvintele grecești *Karyon* — nucleu și *Kinesis* — mișcare) este tipul caracteristic și cel mai răspîndit. Cercetările de citologie au scos în evidență două fenomene importante în diviziunea mitotică: a) dublarea bazei ereditare în procesul de reproducere a acizilor nucleici și b) repartizarea uniformă a cromozomilor în cele două celule fiice.

Mitoza se desfășoară în cinci faze importante: interfaza, profaza, metafaza, anafaza și telofaza (fig. 47).

Scanned with OKEN Scanner

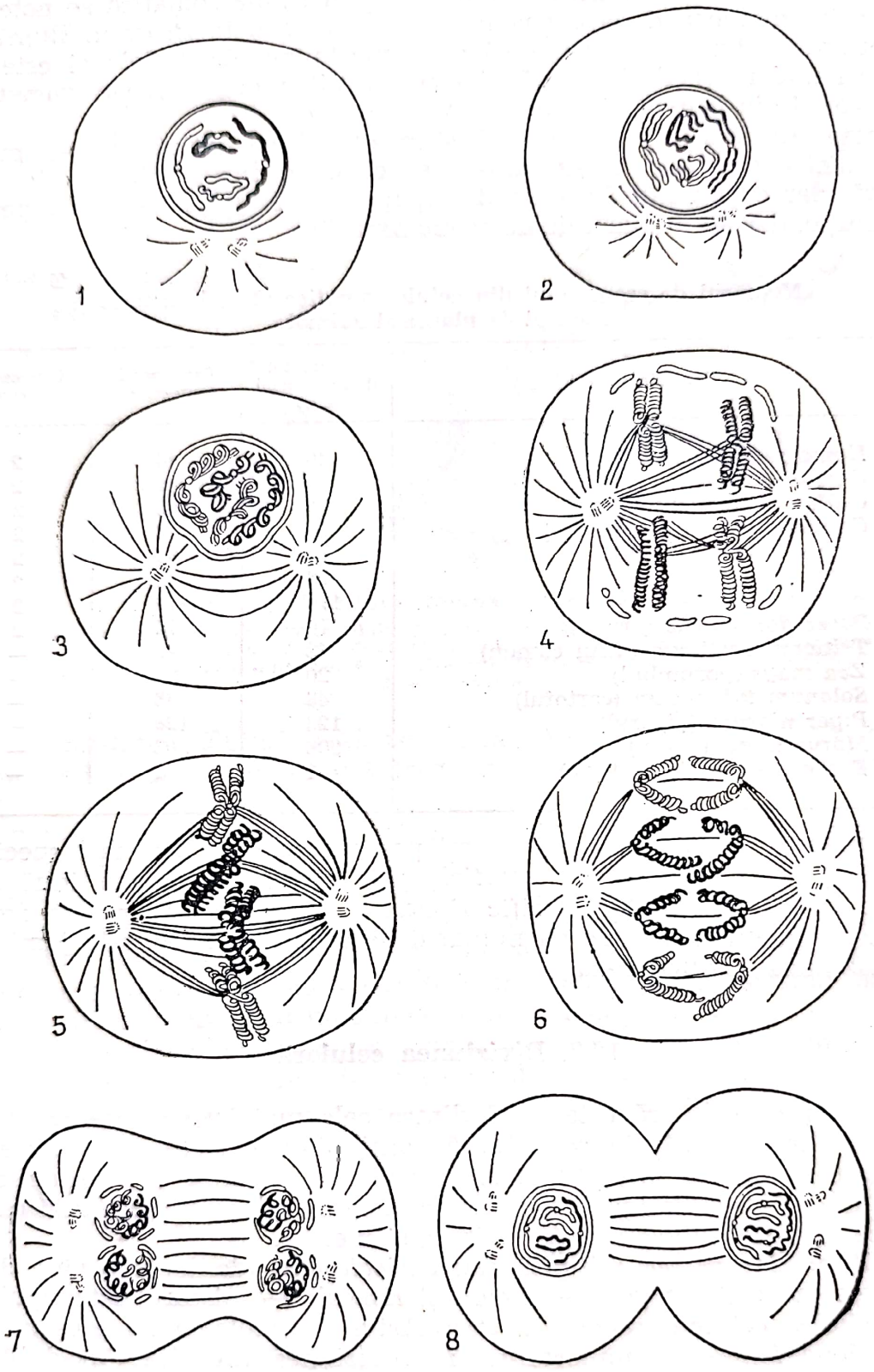


Fig. 47. Mitoza:
1—2 — interfaza; *3—4* — profaza; *5* — metafaza; *6* — anafaza; *7* — telofaza timpurie; *8* — telofaza tîrzie. Se observă centriolii.

Scanned with OKEN Scanner

1. *Interfaza* (provine de la cuvîntul latinesc *inter,* între şi grecescul *phasis,* aspect). Are loc între două diviziuni celulare şi pînă nu de mult era considerată drept o fază de repaus. Cercetări recente au scos la iveală o serie de fenomene atît de complexe ce au loc în nucleu în interfază, încît numai datorită lor se pot desfăşura mai departe celelalte faze de diviziune.

În interfază are loc acumularea substanţelor necesare în sinteza ADN, stadiu cunoscut sub denumirea de presinteză sau G_1, stadiul de sinteză S, care este cel mai lung realizîndu-se dublarea cromozomilor, şi stadiul G_2, în care au loc procese de acumulare a energiei necesare asigurării chineticii mitozei.

În interfază nucleul privit cu microscopul optic are o structură uniformă, fină, uneori se observă prezenţa nucleolilor. Cromozomii sînt despiralizaţi şi reprezentaţi prin filamente subţiri de cromoneme.

2. *Profaza* (de la cuvîntul grecesc *pro,* înainte). Este faza în care începe pregătirea nucleului pentru diviziune. Nucleul îşi măreşte volumul, filamentele se dublează, cromatidele sînt supuse spiralizării reciproce în jurul axului cromozomului, iar spre sfîrşitul profazei, pe măsură ce cromozomii se scurtează, are loc despiralizarea cromatidelor, care se dispun paralel în placa ecuatorială, fiind încă unite prin centromer. Spre sfîrşitul profazei nucleolii şi membrana nucleului dispar. În acelaşi timp, de la cei doi poli ai celulei se formează fusul acromatic numit fus de diviziune, compus din atîtea filamente cîţi cromozomi sînt în celula somatică. În celulele animale un rol important în formarea fusului nuclear îl are centrozomul.

Spre sfîrşitul profazei, cromozomii par a fi despicaţi longitudinal, dar încă uniţi prin centromer. În profază, cromozomii sînt distribuiţi în citoplasmă întîmplător.

3. *Metafaza* (de la cuvîntul grecesc *meta,* după). Cromozomii în stadiul de maximă spiralizare se îndreaptă spre placa ecuatorială, fiind orientaţi de centromer. Această perioadă se mai numeşte şi *prometafază* sau *metachineză.* În placa ecuatorială cromozomii se aşază exact la mijloc între cei doi poli. Această aşezare se explică prin exercitarea unei forţe echilibrate din partea ambilor poli asupra cromozomilor.

În metafază are loc diviziunea centromerilor, care sînt dispuşi fiecare cu faţa spre unul din polii celulei. Se observă formarea completă a fusului mitotic compus din două elemente: fusul central, format din filamente neîntrerupte care unesc cei doi poli ai celulei, şi fusul cromozomal, care uneşte centromerii cromozomilor cu polii celulelor. Deşi centromerii sînt divizaţi, spre sfîrşitul metafazei cromatidele sînt încă strîns unite între ele şi la microscop apar ca un singur corp, cu o uşoară despicătură între cromatide. În metafază, cromozomii se colorează intens, ceea ce permite studiul lor numeric şi morfologic.

4. *Anafaza* (de la cuvîntul grecesc *ana,* înapoi, îndărăt). Trecerea din stadiul de metafază spre anafază este bine conturată şi constă în despărţirea centromerilor, după care urmează despărţirea cromatidelor surori. Desprinderea cromatidelor se produce rapid şi în acelaşi timp pentru toţi cromozomii celulei, ca şi cînd s-ar executa o comandă primită prin intermediul unui semnal. Viteza deplasării cromozomilor spre cei doi poli

Scanned with OKEN Scanner

este de la 0,2 pînă la 5 microni pe minut. Cromozomii fraţi se îndreaptă spre poli cu centromerul înainte.

5. *Telofaza* (de la cuvîntul grecesc *telo,* ţintă, sfîrşit). Cromozomii ajunşi la polii celulei sînt supuşi unor schimbări care duc la restabilirea structurii specifice interfazei. Cromozomii se despiralizează în cromatide, iar cromatidele în cromoneme. Nucleolii dispăruţi în prometafază apar din nou pe aceleaşi porţiuni cromozomale. Prin fenomenul de plasmodiereză la plante apare peretele despărţitor, care împarte citoplasma în două celule-fiice; procesul se numeşte citochineză. Mai departe nucleul trece în stadiul de interfază.

Durata mitozei oscilează de la cîteva minute pînă la cîteva ore, depinzînd de specie şi în mod deosebit de condiţiile de climă. Metafaza şi anafaza se desfăşoară într-un timp destul de scurt.

Meioza *(diviziunea reducţională).* Cuvîntul *meioză* provine din limba greacă *meio,* a micşora, a diminua. Înainte de începerea diviziunii meiotice celulele diferenţiate sînt supuse unor modificări esenţiale, încît ele se deosebesc de celule mitotice prin dimensiuni mai mari. Ţesutul compus din astfel de celule se numeşte *ţesut arhesporial.*

Meioza se compune din două diviziuni succesive; în prima diviziune denumită şi *diviziunea heterotipică* (de la cuvîntul grecesc *heteros,* de altfel, diferit), sau *meioza I* are loc reducerea numărului de cromozomi la jumătate, formîndu-se aşa numita *diadă.* În a doua diviziune, care este de tip mitotic, denumită şi *diviziunea homeotipică* (de la grecescul *homoeos,* asemănător, referindu-se la mitoză) sau *meioza II,* se formează microsporii şi macrosporii. Diviziunea homeotipică se continuă cu procesul de maturaţie, care se încheie cu formarea celulelor sexuale haploide — gameţii. La plante procesul se numeşte *microsporogeneză* pentru formarea microsporilor şi *macrosporogeneză* sau *megasporogeneză* pentru formarea celulelor haploide femele. La animale termenii sînt *spermatogeneză* şi respectiv *ovogeneză.* Diviziunea reducţională se deosebeşte de mitoză prin următoarele particularităţi:

— profaza meiozei cuprinde o serie de fenomene denumite *sinaptice* (de la grecescul *sinapsis,* unire), care lipsesc în mitoză. Are loc fenomenul de conjugare între cromozomii omologi, în puncte denumite *chiasme,* care se formează prin împletirea cromatidelor ce vin în contact în urma împerecherii cromozomilor omologi. Cu cît cromozomii omologi sînt mai lungi, cu atît numărul de chiasme este mai mare, ajungînd la 6—8. Despărţirea cromozomilor omologi adesea este însoţită de schimbul de segmente cromatice care duce la *recombinarea materialului genetic,* la jumătate din numărul de cromozomi. Acest fenomen a fost descris de Th. Morgan şi denumit *crossing-over;*

— profaza meiozei se desfăşoară într-o perioadă mult mai lungă, de la cîteva ore la cîteva zile, la plante, iar la animale săptămîni, luni şi chiar ani de zile la mamifere;

— în profaza meiozei cromozomii sînt atît de puternic despiralizaţi, încît lungimea lor este de trei ori mai mare la animale şi de 5—6 ori la plante, în comparaţie cu profaza mitozei;

— în mitoză cromozomii sînt dispuşi în placa ecuatorială întîmplător, iar în meioză în perechi *omologe;*

Scanned with OKEN Scanner

— în mitoză cromozomii se dublează prin deslipirea cromatidelor, menținîndu-se numărul inițial, iar în meioză *cromozomii omologi se despart, obținîndu-se celule cu un număr de cromozomi redus la jumătate,* revenindu-se la numărul de cromozomi caracteristic gameților ce au participat în fecundație. Spre cei doi poli cromozomii se repartizează întîmplător, atît cromozomi proveniți de la mamă cît și de la tată. Acest fenomen constituie baza fenomenului de recombinare genetică.

Fazele prin care trece diviziunea heterotipică sînt:

1) Profaza I. Se compune dintr-o serie de subfaze în care cromozomii se pregătesc pentru diviziune.

a. Leptoten sau *leptonema* (de la cuvîntul *leptos,* subțire și *nema,* fir) este reprezentat printr-o rețea de filamente fine, lungi, dispuse într-o rețea denumită *spirem.* Numărul filamentelor din leptoten corespunde numărului diploid de cromozomi (fig. 48).

b. Zigoten sau *zigonema* (de la grecescul *zygon,* jug) se numește stadiul în care filamentele cromozomilor omologi se alipesc longitudinal și se conjugă în diferite puncte. Conjugarea are loc treptat, asemănător unei reacții înlănțuite. În cazul cînd cromozomii sînt parțial omologi, conjugarea se produce numai între părțile omologe.

c. Pachiten sau *pachinema* (de la grecescul *pachys,* gros), stadiul cînd după împerecherea completă cromozomii se scurtează și se îngroașă datorită procesului de spiralizare. Scurtarea devine atît de puternică încît la microscopul optic au aspectul unei tetrade cromatidice.

d. Diploten sau *diplonema* (de la grecescul *diploos,* dublu) stadiul în care, datorită unor forțe de respingere, bivalenții se scindează începînd din zona centromerilor spre extremități. În această fază are loc schimbul de porțiuni cromatidice între cromozomii omologi.

e. Diachineza (de la grecescul *dia,* prin și *kinesis,* mișcare) încheie profaza meiotică. Cromozomii sînt puternic spiralizați și încă uniți prin chiasmele terminale avînd formă de inel sau sferă.

2) Metafaza I. Cromozomii bivalenți se îndreaptă și se dispun în placa ecuatorială cu centromerii fixați pe fusul nuclear. Poziția bivalenților este simetrică, fiecare cromozom amplasîndu-se spre unul din cei doi poli la distanțe absolut egale.

3) Anafaza I. Chiasmele care uneau cromozomii omologi încetează să mai acționeze, bivalenții se despart spre poli, rezultînd reducerea numărului de cromozomi la jumătate. Cromatidele cromozomilor sînt dezlipite rămînînd prinse numai în centromer.

4) Telofaza I. Cromozomii ajunși la cei doi poli formează nucleul celulelor haploide, după care urmează divizarea citoplasmei, formîndu-se *diada.* Prin aceasta se sfîrșește diviziunea reducțională și imediat urmează o *diviziune homeotipică* sau *diviziune meiotică II.* Pauza dintre cele două diviziuni se numește *interchineză.*

În interchineză cele două cromatide rămîn încă unite în centromer respingîndu-se longitudinal. Din această cauză, forma cromozomilor devine asemănătoare literei *X.* Cromatidele, biochimic dedublate, încep diviziunea homeotipică de tip mitotic, formîndu-se patru celule haploide, de mărime egală, celule denumite la plante *microspori* pentru inflorescențele mascule și *megaspori* pentru cele femele, iar la animale *spermatide* la

Scanned with OKEN Scanner

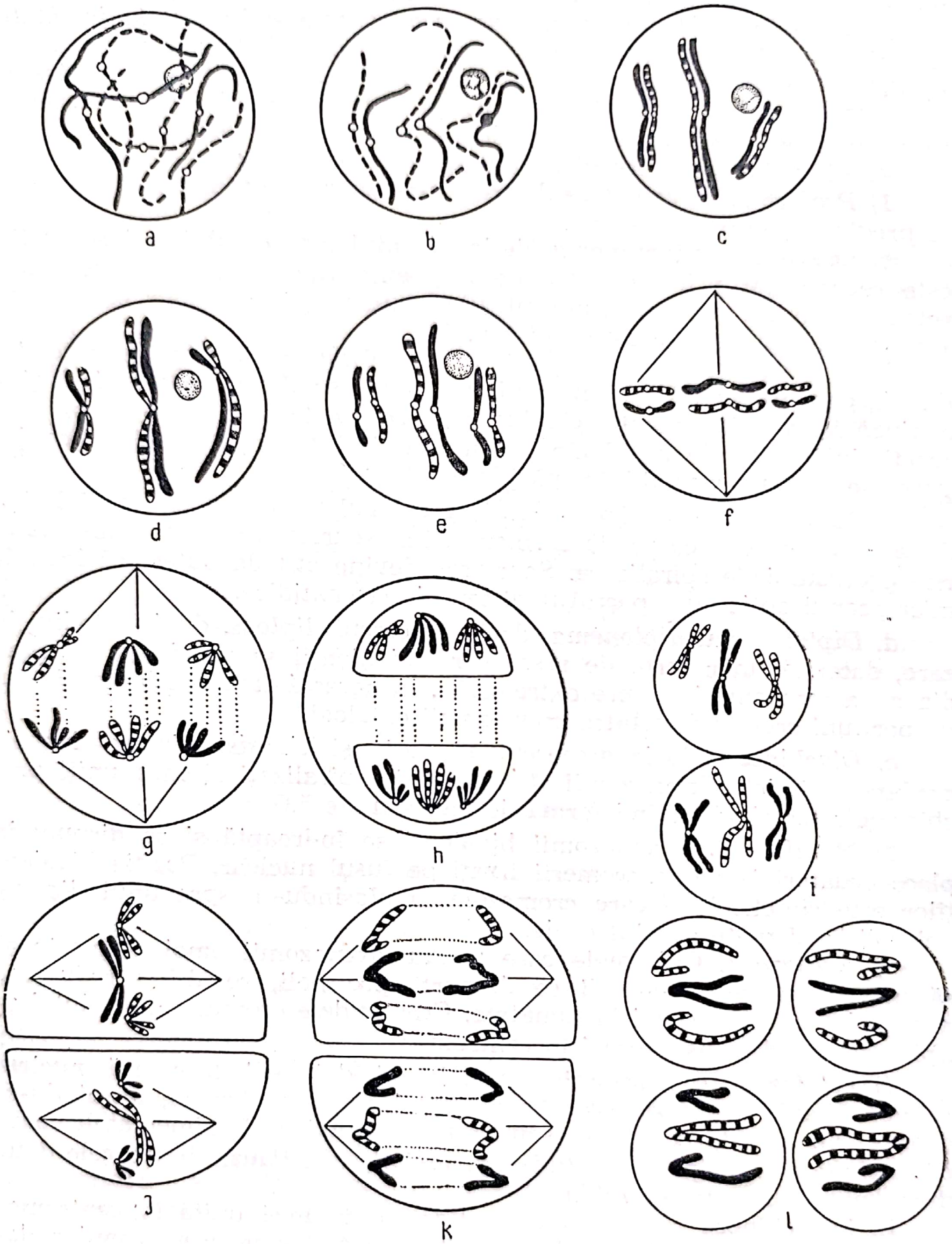


Fig. 48. Meioza:

a — leptoten; *b* — zigoten; *c* — pahiten; *d* — diploten; *e* — diachineză; *f* — metafază I; *g* — anafază I; *h* — telofază I; *i* — interchineza celei de a doua diviziuni meiotice; *j* — metafaza meiozei II; *k* — anafaza meiozei II; *l* — telofaza II, formarea tetradei cu patru microspori. Cromozomii proveniți de la mamă sînt notați cu negru, cei de la tată punctat.

Scanned with OKEN Scanner

masculi și *ovotide* la femele. Microsporii și megasporii își continuă dezvoltarea, parcurgînd procesul de maturație.

Microgametogeneza. Este procesul de maturație a gameților masculi. Microsporii desprinși din tetrada polinică trec printr-o serie de transformări morfologice și fiziologice. După desprinderea din tetradă se observă o intensă sinteză a citoplasmei, o creștere în volum a microsporului, apariția membranei exterioare, *exina* și interioare, *intina*. Se produce apoi diviziunea mitotică a nucleului, formîndu-se nucleul generativ și cel vegetativ. Nucleul generativ este supus încă odată diviziunii mitotice, obținîndu-se două spermatii. La unele plante, diviziunea nucleului generativ în cele două spermatii are loc în tubul polinic, după germinarea grăunciorului de polen.

Un *grăuncior de polen* matur se compune din trei celule: o celulă vegetativă și două generative (spermatiile) sau numai dintr-o singură celulă generativă și una vegetativă (fig. 49).

Macrosporogeneza. Este procesul de maturație a celulelor haploide femele și formarea sacului embrionar. Dintre cele patru celule haploide formate în procesul de meioză, în macrosporogeneză intră numai una care este mai dezvoltată și reprezintă macrosporul de bază; restul de trei celule sînt treptat absorbite în citoplasmă. Macrosporul începe să se dezvolte și apoi nucleul este supus unei triple diviziuni mitotice succesive, membrana și citoplasma rămînînd nedivizate. Se obțin opt nuclei, care se grupează cîte patru la fiecare din polii sacului embrionar: patru spre micropil (porul germinativ) și patru spre partea inferioară (chalază). Din grupurile de patru nuclei, cîte unul se deplasează spre centrul sacului embrionar, unde se unesc formînd *celula centrală* a sacului embrionar, celulă diploidă. Cei trei nuclei rămași lîngă micropil formează *aparatul ovogonic*, dintre care doi nuclei se transformă în *celule sinergide*, iar al treilea formează *oosfera*. Nucleii din partea inferioară a sacului embrionar devin celule antipode (fig. 50).

Sacul embrionar matur se compune din: o oosferă, două sinergide, trei antipode și o celulă centrală diploidă.

Fecundația. Ciclul unei înmulțiri sexuate cuprinde perioada de la formarea celulelor sexuale pînă la reproducerea lor în noua generație. Din punct de vedere genetic, fecundația se compune din mai multe procese:

a) unirea gameților de sex opus reface garnitura diploidă a cromozomilor, completîndu-se perechile de cromozomi omologi care la formele parentale se despărțiseră în procesul de meioză;

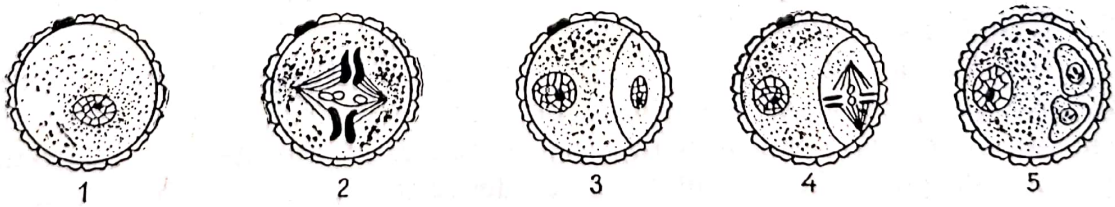


Fig. 49. Microsporogeneza la plante:
1 — microspor; *2* și *3* — diviziunea microsporului, formarea celulei germinative și vegetative; *4—5* — diviziunea celulei germinative și formarea spermatiilor.

Scanned with OKEN Scanner

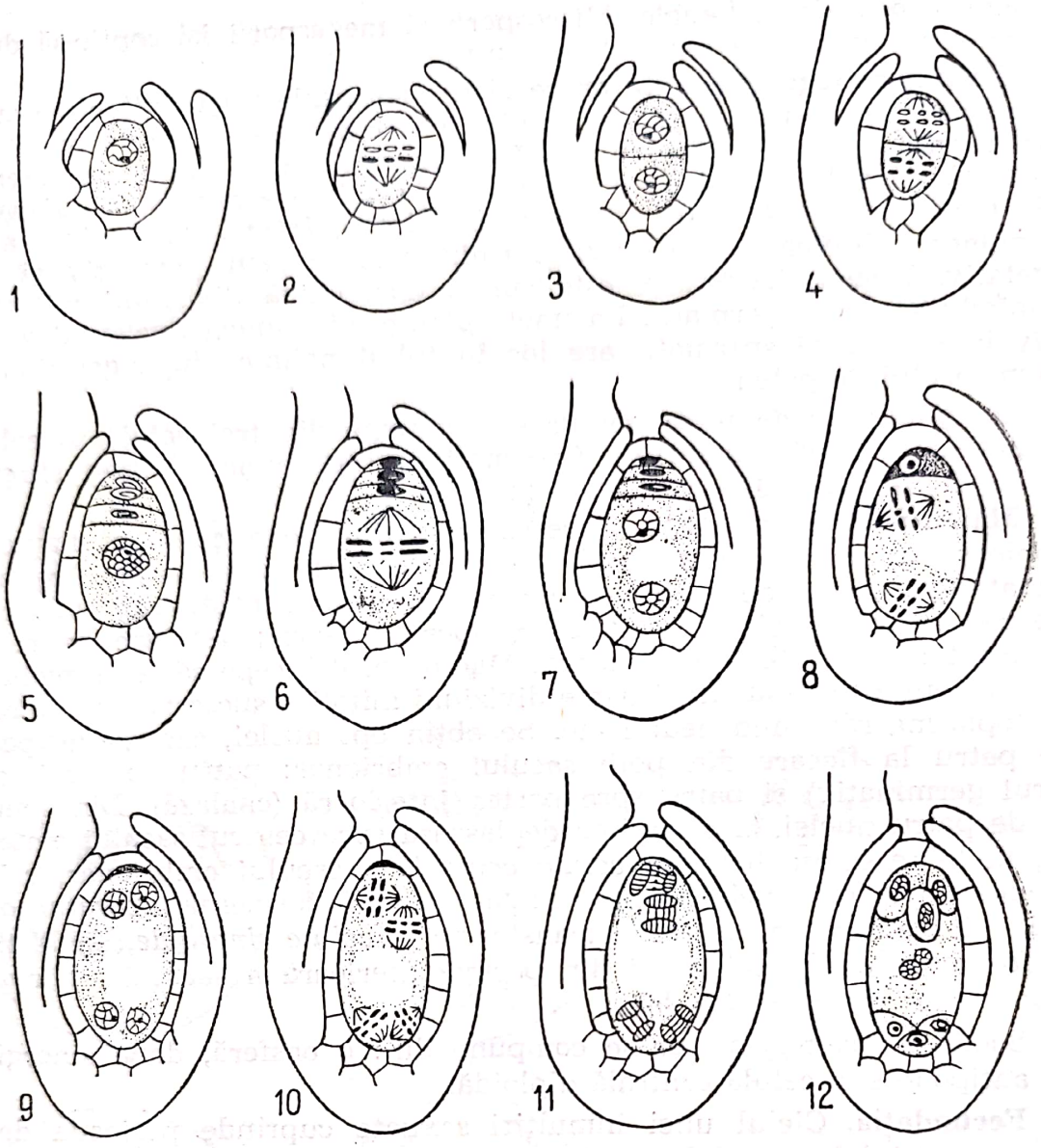


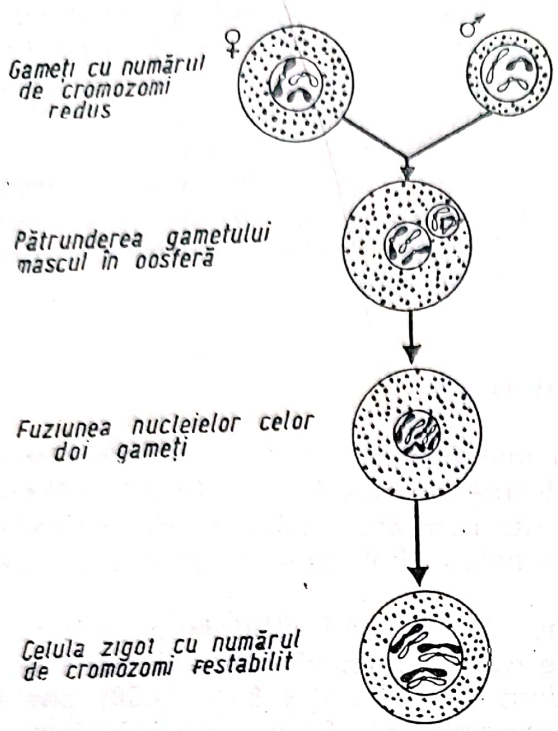
Fig. 50. Macrosporogeneza:
1 — macrospor; *2* — metafază; *3* — interchineză; *4* — metafază; *5* — tetradă cu un macrospor; *6—11* — diviziunea macrosporului; *12* — sacul embrionar cu opt nuclei.

b) însuşirile ereditare, provenite de la două organisme, se unesc într-unul singur, asigurîndu-se entitatea ereditară a generaţiilor (fig. 51).

La plante fecundaţia include germinaţia polenului, dezvoltarea tubului polinic şi pătrunderea lui în sacul embrionar.

Germinarea polenului începe imediat după căderea lui pe stigmat (porumb, sorg) sau după o perioadă de timp ce variază de la o specie la alta, de exemplu la sfeclă două ore, la coacăz 5 minute etc. Dintr-un grăuncior de polen, în mod obişnuit, se dezvoltă un singur tub polinic, la unele plante se observă apariţia a două tuburi *(Malvaceae, Cucurbitaceae)*. Tubul polinic ajungînd la micropil intră în contact cu aparatul ovogonic (oosfera şi sinergidele); atingînd sinergidele, tubul polinic eliberează sper-

Scanned with OKEN Scanner



matiile, care se îndreaptă spre interiorul sacului embrionar, iar sinergidele se descompun. Fecundația constă din unirea nucleului din spermatie cu nucleul oosferei. Cea de-a doua spermatie se unește cu celula centrală, diploidă, a sacului embrionar, formînd *endospermul* triploid al seminței. Unirea unei spermatii cu oosfera și a celei de-a doua spermatii cu celula centrală se numește și *fecundație dublă.*

La plante, endospermul are rolul de a hrăni embrionul; la animale acest rol revine substanțelor de rezervă din ovul și organismului matern prin placentă.

Fig. 51. Fecundația, restabilirea numărului diploid de cromozomi.

CAPITOLUL 13

MENDELISMUL — TEORIA FACTORILOR EREDITARI

În ședințele Societății naturaliștilor din Brno din 8 februarie și 8 martie 1865, naturalistul Johann Gregor Mendel a făcut cunoscute o serie de reguli ale hibridării, rezultate stabilite în urma unor experiențe minuțioase executate timp de opt ani cu hibrizi obținuți între diferite soiuri de plante, dintre care în mod deosebit l-a interesat mazărea *(Pisum),* fasolea *(Phaseolum)* și barba împăratului *(Mirabilis).* El a stabilit că toate însușirile organismelor sînt determinate de particule materiale, neperceptibile cu ochiul liber, denumite *factori ereditari.* Teoria factorilor ereditari a fost confirmată și aprofundată de toate descoperirile ulterioare ale geneticii, Gr. Mendel fiind recunoscut ca fondatorul geneticii.

Necunoscînd existența cromozomilor, Gr. Mendel considera că perechile de factori ereditari sînt libere în timpul formării gameților și în fecundație putîndu-se combina independent.

Întrucît unele însușiri se pot exterioriza sub diferite aspecte, cum este culoarea unei flori, care poate fi albă sau roșie etc., factorii ereditari sînt și ei diferiți și aceasta se constată în urma hibridării. Încrucișînd o formă cu flori albe cu alta cu flori roșii, la hibrid se manifestă culoarea roșie sau o culoare intermediară, ca și cînd factorul ereditar pentru culoarea albă nu ar fi participat în fecundație.

Scanned with OKEN Scanner

Factorul ereditar, care își manifestă însușirea la hibrid, a fost denumit *dominant,* iar cel nemanifestat — *recesiv.* Gr. Mendel propune ca factorii dominanți să se noteze cu literă mare, de exemplu *AA* pentru forma *homozigotă* dominantă, iar cei recesivi cu literă mică *aa.* Hibridul din F_1, avînd cîte un factor de la ambii părinți se notează cu *Aa.*

În experiențele efectuate, Gr. Mendel a urmărit transmiterea caracterelor la hibrizii proveniți din forme parentale ce se deosebeau distinct printr-o singură însușire, *monohibridare*,* prin două însușiri, *dihibridare* și prin mai multe însușiri *polihibridare.*

13.1. Monohibridarea

Ca exemplu de monohibridare cel mai frecvent se folosesc experiențele lui Gr. Mendel, în care o formă de mazăre cu bobul galben (culoare dominantă) s-a încrucișat cu alta care avea bobul verde (culoare recesivă), precum și încrucișarea bob neted × bob zbîrcit, prima formă fiind dominantă, iar a doua recesivă.

Pentru reușita experiențelor, Gr. Mendel sublinia necesitatea respectării mai multor condiții, printre care și homozigoția sau puritatea formelor încrucișate. El a verificat timp de doi ani (1854—1856) puritatea soiurilor folosite. La mazăre, de exemplu, din 34 de soiuri, în urma verificării 12 au fost eliminate. A doua condiție este evitarea polenului străin care impurifică materialul și influențează segregarea caracterelor.

Din încrucișarea formelor bob neted (*BB*) × bob zbîrcit (*bb*) a rezultat hibridul *Bb* care în prima generație (F_1) a exteriorizat în mod uniform numai însușirea dominantă de bob neted.

Din semințele primei generații, obținute prin autofecundare, au rezultat în generația a doua (F_2) plante care conțineau în păstăi atît boabe netede, cît și zbîrcite, în raport de 3 : 1 (fig. 52).

Continuînd studiul descendenților s-a constatat că semințele care în F_2 purtau caracterul recesiv au rămas constante pentru toate generațiile următoare, în timp ce semințele netede purtătoare de factori dominanți au o comportare diferită, și anume: o treime rămîn constante dînd numai plante cu bob neted, iar două treimi segregă din nou în forme dominante (bob neted) și forme recesive (bob zbîrcit) în raport de 3 : 1 (fig. 53).

Pentru întreaga experiență au fost obținute 5 474 semințe netede și 1 850 boabe zbîrcite, reprezentînd un raport de segregare de 2,99 : 1,01, ceea ce practic echivalează cu 3 : 1. Rezultatele au fost identice pentru toate încrucișările dintre forme care se deosebeau printr-o singură însușire.

Gr. Mendel ajunge la concluzia că factorii ereditari recesivi pot exterioriza însușirea pe care o condiționează numai în stare *homozigotă aa, bb* etc. În starea *heterozigotă,*** caracteristică hibrizilor din F_1, prezența factorului recesiv rămîne ascunsă.

* Termenii de *monohibridare, dihibridare* etc. au fost introduși în genetică de către Hugo de Vries în 1900.

** Termenii de *homozigoți* și *heterozigoți* au fost introduși în genetică de către W. Bateson în anul 1902.

Scanned with OKEN Scanner

Apariţia însuşirii recesive este posibilă în F_2 datorită faptului că hibridul F_1 (*Bb*) formează atît gameţi *B* cît şi *b*. Gameţii sînt întotdeauna purtători a cîte unui singur factor ereditar pentru fiecare însuşire. Acest fenomen a fost denumit *puritatea gameţilor*. Din combinarea celor două categorii de gameţi *B* şi *b*, genetic puri, rezultă 1*BB*; 2*Bb* şi 1*bb*.

Însuşirea dominantă din F_2 are o *natură dublă*, care poate fi scoasă în evidenţă în F_3, studiind descendenţii fiecărei seminţe din F_2. Se constată că dintre seminţele cu caracter dominant din F_2 numai o treime sînt homozigote *BB* şi ca atare îşi menţin însuşirea neschimbată în F_3, restul de două treimi sînt *heterozigote* şi segregă din nou în seminţe cu bob neted şi seminţe cu bob zbîrcit în raport de 3 : 1.

Exteriorizarea însuşirilor dominante nu reflectă întotdeauna imaginea constituţiei genetice a individului, care poate fi homozigotă sau heterozigotă.

Constatările lui Gr. Mendel sînt ilustrate în fig. 52. Combinaţiile din poziţiile 1, 2, 3 exteriorizează forma netedă a bobului, deşi cele din 2 şi 3 conţin şi factorul recesiv, zbîrcit, deci sînt încă hibride. În generaţia a treia, aceste forme segregă din nou în raportul de 3 neted la 1 zbîrcit. Segregarea continuă atît timp cît se menţin formele hibride.

Numeric, formele hibride se reduc considerabil din an în an, dar nu dispar. Din calculele efectuate de Gr. Mendel reiese că în generaţia a 10-a, din 2 048 plante, 1 023 devin

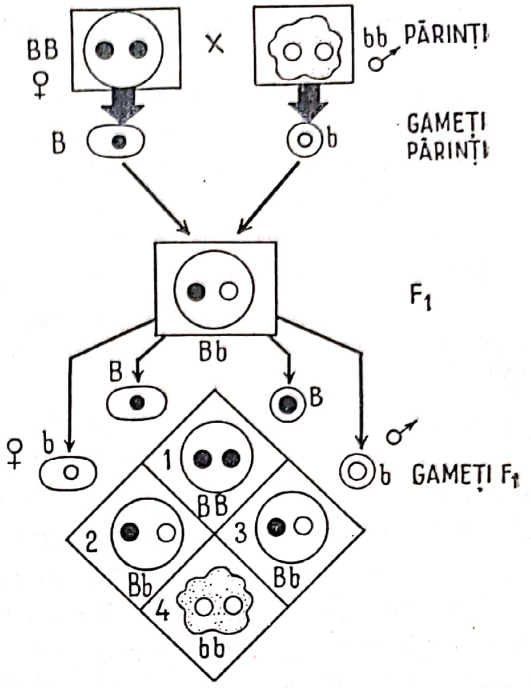


Fig. 52. Segregarea de 3 : 1 în F_2 în experienţe de monohibridare:
1 — homozigot dominant; *2* şi *3* — heterozigoţi; *4* — homozigot recesiv.

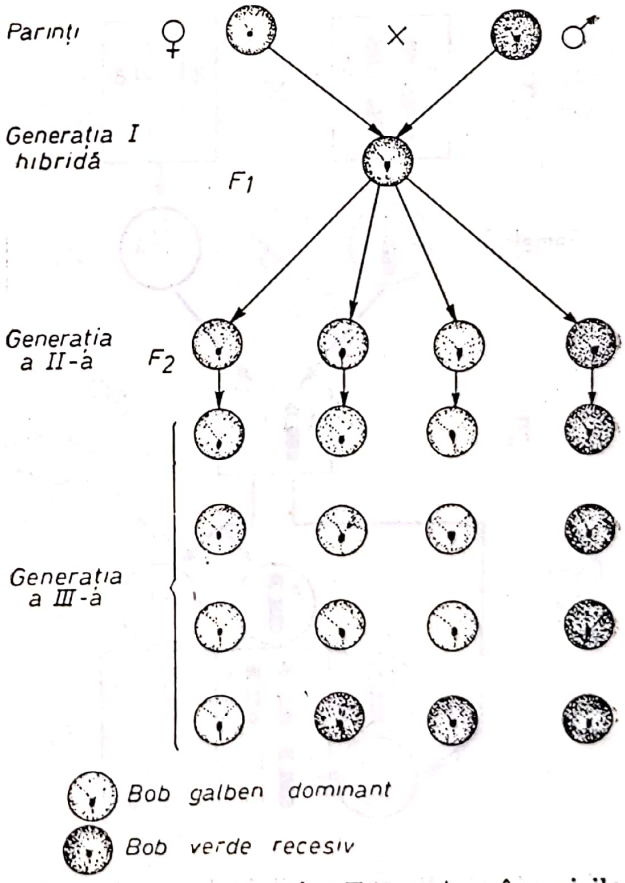


Fig. 53. Segregarea în F_3 pentru însuşirile bob galben (dominant), bob verde (recesiv).

Scanned with OKEN Scanner

homozigote dominante, 1 023 recesive și numai două plante se mai mențin heterozigote.

Pe baza rezultatelor obținute în experiențele de monohibridare au fost stabilite următoarele reguli ale hibridării:

1) În prima generație hibridă se manifestă uniform numai una din perechea de însușiri și anume cea condiționată de alela dominantă. Mai tîrziu această regulă a fost denumită *prima lege a lui Gr. Mendel* sau *legea uniformității hibrizilor din prima generație.*

2) În generația a doua are loc fenomenul de segregare, la trei indivizi cu însușiri dominante revenind unul cu însușire recesivă (3 : 1). În anul 1900, Hugo de Vries a denumit acest fenomen *legea segregării, a doua lege* sau *legea fundamentală a lui Mendel.*

3) Dintre plantele cu însușiri dominante, din a doua generație, două treimi sînt de natură hibridă. Acestea, prin autofecundare, datorită liberei combinații a gameților, segregă în generația a treia în raport de 3 : 1, în plante cu însușiri dominante și respectiv recesive.

Natura hibridului F_2 indică astfel două feluri de segregare: segregarea însușirilor sau *segregarea fenotipică* și segregarea factorilor ereditari sau *segregarea genotipică.* Însușirile segregă în raport de 3 : 1, iar factorii ereditari în raport de 1 : 2 : 1, adică un sfert din semințe sînt purtătoare de factori dominanți în stare homozigotă, jumătate din ele rămîn încă hibride, iar un sfert sînt homozigote recesive.

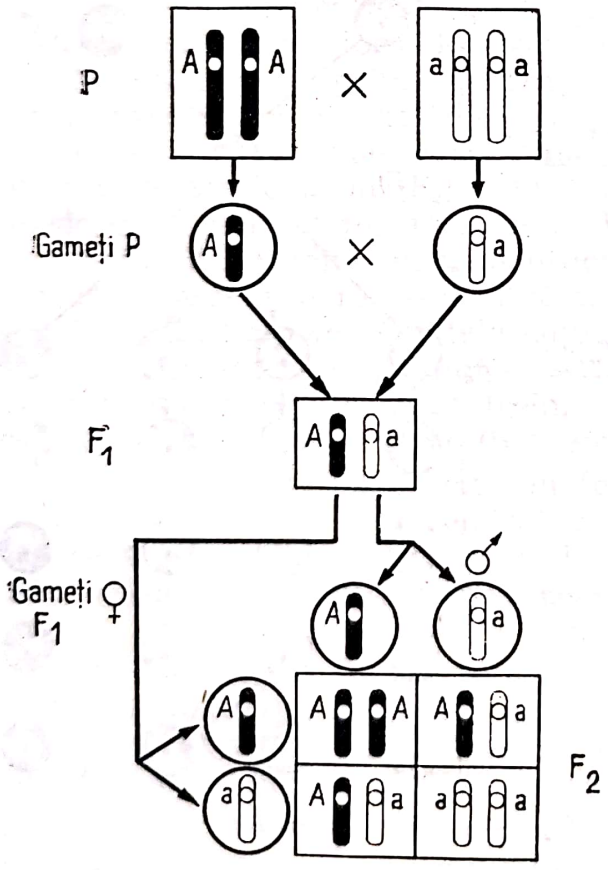


Fig. 54. Confirmarea citologică a teoriei factorilor ereditari.

Reducerea numărului de cromozomi în meioză și reunirea lor în zigot prin fecundație, constituie *confirmarea citologică a teoriei factorilor ereditari.*

Conform schemei din fig. 54, soiul de mazăre cu bob neted dominant conține într-o pereche de cromozomi omologi factori ereditari *BB,* iar soiul cu bob zbîrcit — recesiv, conține în aceeași pereche factorii *aa.* Cele două forme parentale fiind homozigote, formează fiecare cîte o singură categorie de gameți *B* și *b.* În fecundație se unesc gameții *B* cu *b,* restabilindu-se astfel perechea de cromozomi omologi. Noul organism este hibridul F_1 — *Bb,* care exteriorizează însușirea factorului dominant *B* — forma netedă a bobului. Gr. Mendel subliniază în concluziile sale că factorii ereditari nu se contopesc.

Comportarea cromozomilor în diviziunile celulare și în fecundație demonstrează justețea și claritatea teoriei.

Hibridul F_1 formează două categorii de gameți, numeric egale *B*, *b* pentru polen și *B*, *b* pentru oosfere. Combinarea gameților în fecundație are loc întîmplător. După legile probabilității în F_2 pot apare 25% indivizi cu genotipul *BB*, 50% — cu genotipul *Bb* și 25% cu genotipul *bb*. Genotipurile *BB* și *Bb* exteriorizează însușirea dominantă a factorului *B*, constituind față de însușirea recesivă raportul de 3 : 1. Genotipul *Bb* arată de ce însușirea exteriorizată de formele heterozigote nu reflectă imaginea constituției genetice a individului.

Abateri de la segregarea monohibridă. Dominanța descrisă de Gr. Mendel la mazăre constituie exemplul clasic de dominanță completă sau *dominanță de tip Pisum*. Prin dominanță completă forma hibridă este identică formei parentale dominante.

Pentru un număr mare de însușiri, atît la plante cît și la animale, s-a observat în F_1 o *dominanță incompletă*. Chiar în experiențele lui Gr. Mendel au fost cazuri de dominanță incompletă pentru unele însușiri la mazăre și porumb. Acest tip de dominanță a fost denumit *dominanță de tip Zea*.

Dominanța incompletă a fost descrisă detaliat în lucrările lui C. Correns, care a încrucișat un soi de *Mirabilis jalapa* cu flori roșii *AA* cu unul cu flori albe *aa*. În F_1 florile hibridului *Aa* nu erau asemănătoare *cu* nici una din formele parentale, exteriorizînd o culoare intermediară, roză.

În F_2 s-a obținut o segregare de 25% plante cu flori roșii *AA*, 50% plante cu flori roz *Aa* și 25% plante cu flori albe *aa* (fig. 55). În F_3 descendenții plantelor cu flori roșii *AA* și flori albe *aa* s-au dovedit con-

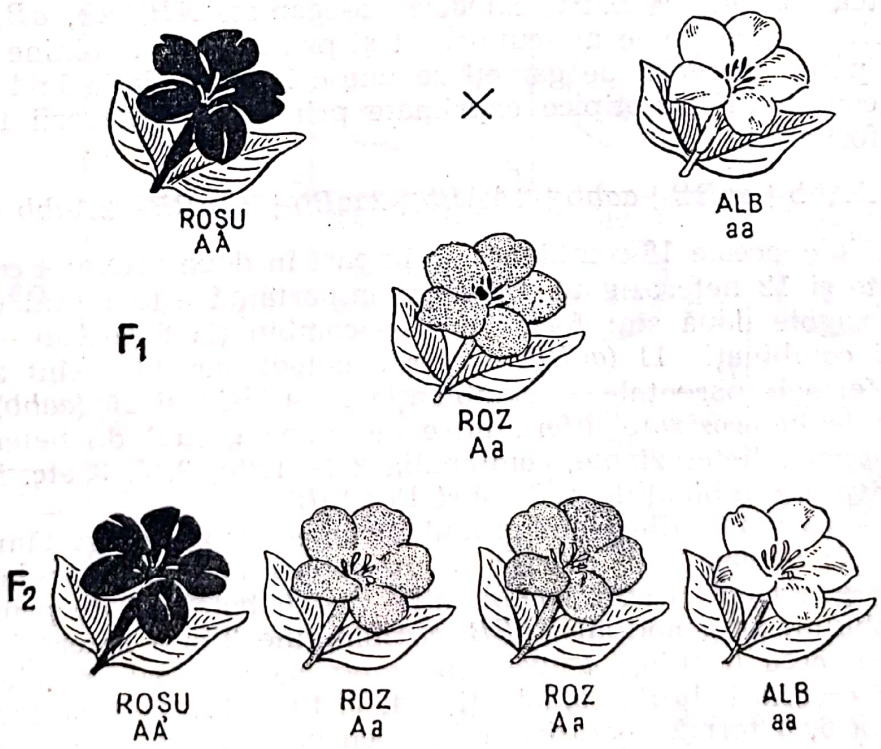


Fig. 55. Segregare cu dominanță incompletă la *Mirabilis jalapa*.

stanți, iar cei de la plante cu flori roz *Aa* au segregat din nou în raportul 1 : 2 : 1, demonstrînd natura lor heterozigotă. S-a ajuns la concluzia că, în cazurile dominanței incomplete, raportul de segregare fenotipică exprimă de fapt segregarea genotipică de 1 : 2 : 1, cifra din stînga indicînd forma homozigotă *AA*, cea din centru *Aa* forma heterozigotă cu dominanță incompletă, iar cea din dreapta *aa* exprimă forma homozigotă recesivă.

13.2. Dihibridarea

Prin dihibridare se înțelege încrucișarea în care formele parentale se deosebesc prin două însușiri. În experiențele de dihibridare ale lui Gr. Mendel au participat un soi de mazăre cu bob galben și neted, însușiri dominante notate cu *AABB*, și unul cu bob verde, zbîrcit, însușiri recesive notate cu *aabb*.

Prima generație hibridă (F_1) a exteriorizat uniform însușirile dominante, toate boabele fiind galbene și netede.

În F_2 au fost obținute 556 de semințe, care după aspect au fost împărțite în patru categorii, uneori găsite chiar în aceeași păstaie:

I. 315 boabe galben neted =9
II. 101 boabe galben zbîrcit =3
III. 108 boabe verde neted =3
IV. 32 boabe verde zbîrcit =1,

ceea ce corespunde raportului de segregare fenotipică de 9 : 3 : 3 : 1.

Pornind de la formula hibridă F_1, *AaBb*, Gr. Mendel arată posibilitatea formării a patru categorii de gameți *AB*, *Ab*, *aB*, *ab*, atît pentru celulele germinale masculine, cît și pentru cele feminine (fig. 56).

Cele patru categorii de gameți se unesc în fecundație la întîmplare dînd 16 combinații genotipice exprimate prin patru categorii fenotipice conform formulei:

$$AABB+AAbb+aaBB+aabb+2AABb+2aaBb+2AaBB+2Aabb+4AaBb.$$

Genotipic, aceste 16 combinații se împart în două grupe: 4 combinații homozigote și 12 heterozigote. De mare importanță este faptul că dintre cele homozigote două sînt forme noi — combinația 6 (*AAbb* — galben zbîrcit) și combinația 11 (*aaBB* — verde neted), iar două sînt asemănătoare cu formele parentale — combinația 1 (*AABB*) și 16 (*aabb*).

Formele heterozigote diferă între ele după gradul de heterozigoție. Unele sînt monoheterozigote, combinația 2 (*AABb*), 3, 5, 8 etc. iar altele diheterozigote, combinațiile 4, 7, 10 și 13 (*AaBb*).

Studiind combinațiile după gradul de heterozigoție constatăm 9 genotipuri astfel: *1*=genotipul *AABB*, homozigot dominant reîntors la formula mamă; *2*=genotipul *AABb*, combinațiile 2 și 6 heterozigote prin factorii forma bobului; *3*=genotipul *AaBB*, combinațiile 3 și 9 heterozigote prin factorii culoarea bobului; *4*=genotip heterozigot pentru ambele perechi de factori ereditari *AaBb*, combinațiile 4, 7, 10 și 13; *5*=genotipul *AAbb*, combinația *6*, o formă homozigotă nouă cu bob galben, zbîrcit; *6*=genotipul *Aabb*, combinațiile 8 și 14 heterozigote prin factorul culoarea bobu-

Scanned with OKEN Scanner

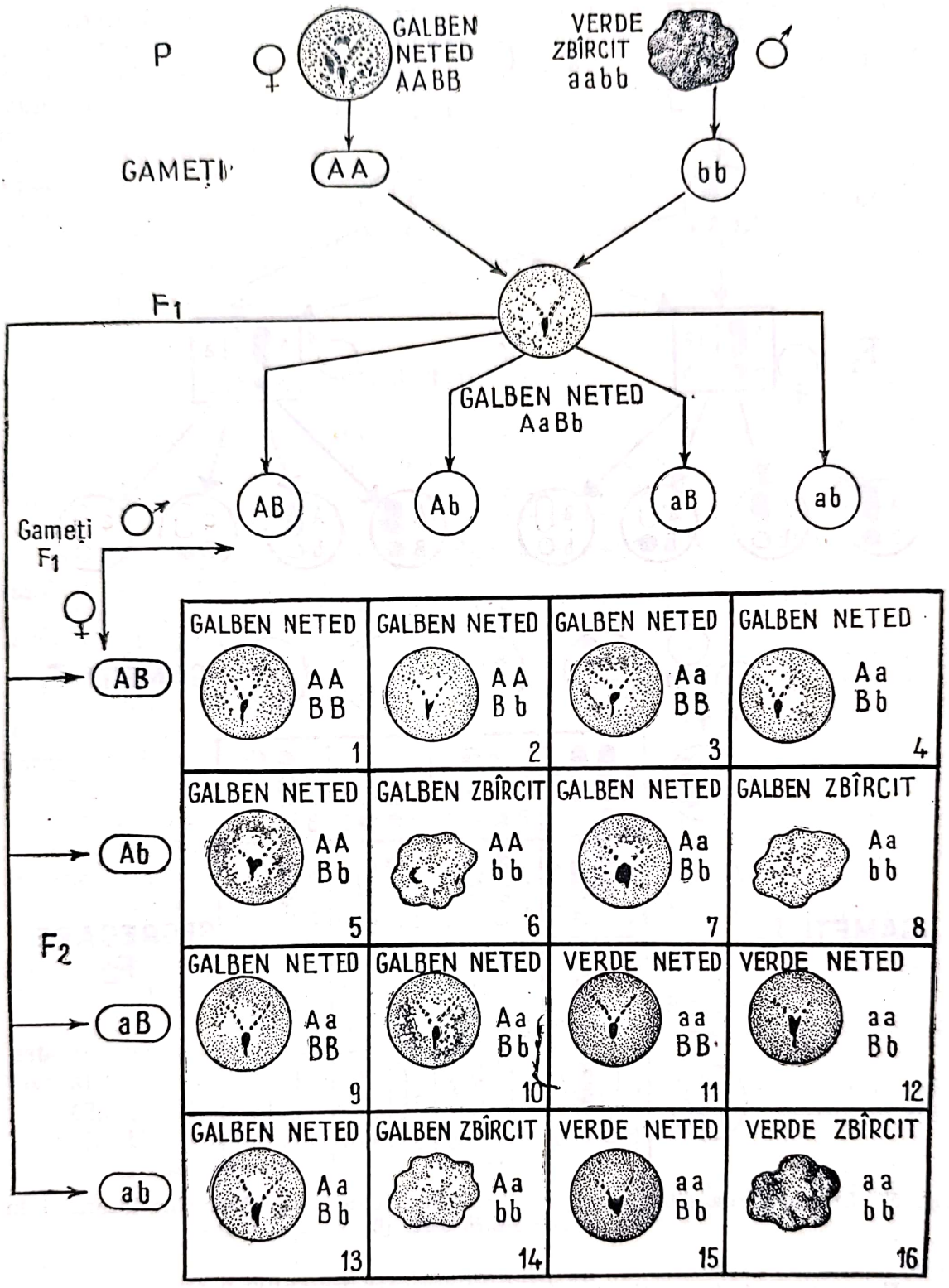


Fig. 56. Segregarea în dihibridare.

lui; 7=genotipul *AAbb*, combinația 11 o a doua formă nouă cu bob verde și neted; *8*=genotipul *aaBb*, combinațiile 12 și 15 heterozigote prin factorul forma bobului și *9*=genotipul *aabb*, combinația 16 genotip homozigot, identică formei paterne recesive.

Scanned with OKEN Scanner

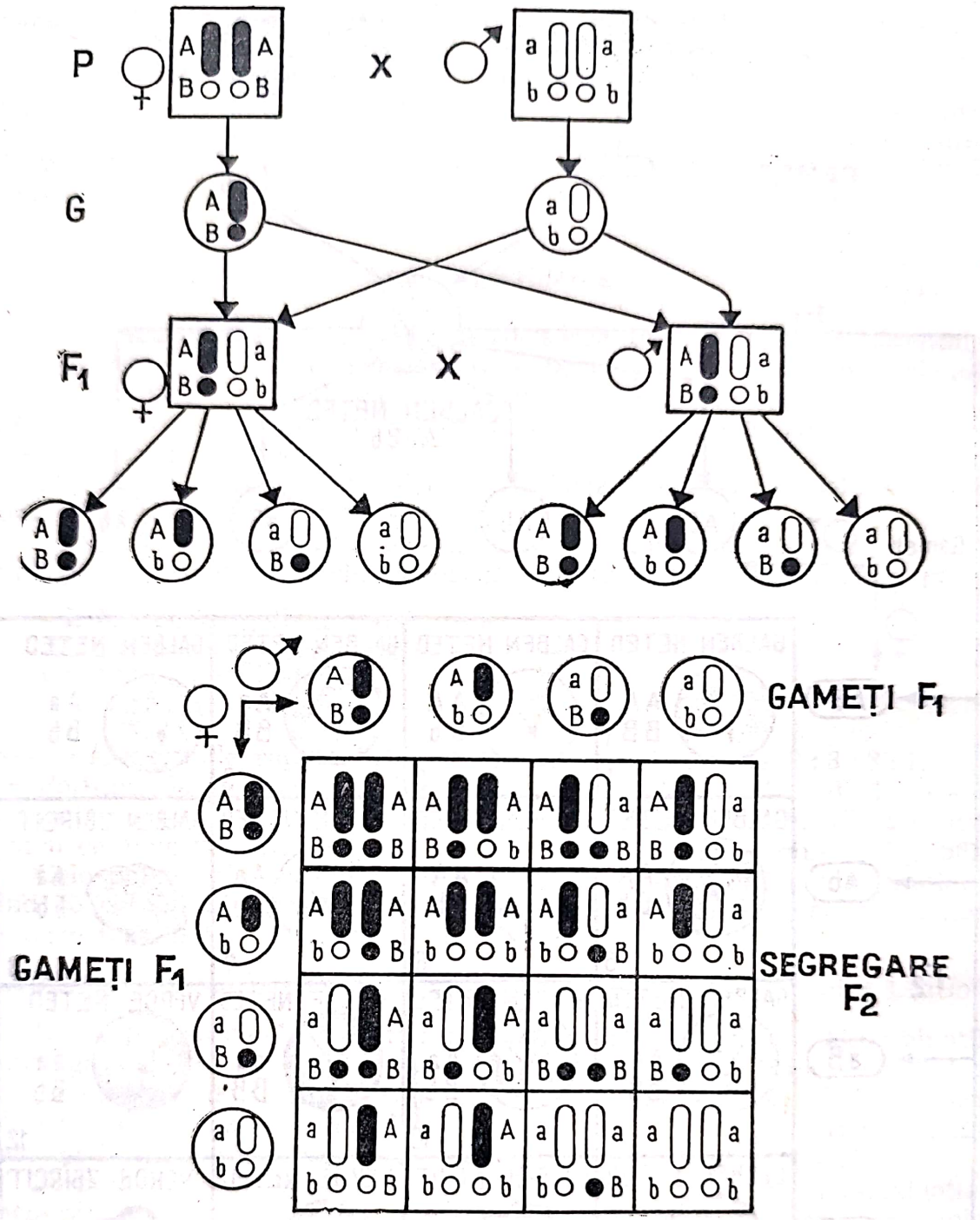


Fig. 57. Interpretarea citologică a dihibridării. Factorii ereditari sînt localizați în cromozomi diferiți.

Formele noi, homozigote, prezintă un dublu interes; în primul rînd ele sînt rezultatul hibridării artificiale, iar în al doilea rînd homozigoția unește o pereche de factori ereditari homozigoți dominanți cu una de factori homozigoți recesivi. Prin aceasta s-a reușit cumularea a două însușiri separate într-o formă homozigotă nouă, deschizîndu-se astfel perspectivele ameliorării.

Scanned with OKEN Scanner

Analiza segregării pe însușiri, separat pentru culoarea și separat pentru forma bobului, indică o segregare de tipul monohibridării 3 : 1. La 12 combinații cu bob galben (1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 13, 14) corespund 4 combinații cu bob verde (11, 12, 15, 16) și, de asemenea, la 12 combinații cu bob neted corespund 4 combinații cu bob zbîrcit.

Interpretarea citologică a dihibridării are multe asemănări cu monohibridarea (fig. 57). Elementul nou care trebuie să atragă atenția este amplasarea factorilor ereditari în două perechi diferite de cromozomi omologi. Dacă factorii ereditari ar fi distribuiți într-o singură pereche de cromozomi omologi, atunci însușirile s-ar comporta înlănțuit și segregarea ar fi de 3 : 1.

13.3. Trihibridarea

Pentru a urmări modul în care se transmit caracterele la descendenții hibrizilor rezultați din încrucișarea formelor ce se deosebesc prin trei însușiri, Gr. Mendel a încrucișat un soi de mazăre cu bob galben, neted, cu coaja cenușie, însușiri dominante, ca formă mamă, *AABBCC*, cu unul care avea bobul verde, zbîrcit și coajă albă, însușiri recesive, *aabbcc*, ca formă paternă.

Formula genetică a gameților a fost *ABC* și respectiv *abc*, iar a hibridului F_1 *Aa Bb Cc*.

Avînd în vedere amplasarea factorilor ereditari în perechi de cromozomi separate, un astfel de hibrid F_1 formează 8 categorii de gameți: *ABC*, *ABc*, *AbC*, *Abc*, *aBC*, *aBc*, *abC* și *abc*, care unindu-se prin fecundație formează 64 de combinații F_2 (fig. 58).

După aspectul boabelor, cele 64 de combinații pot fi repartizate în 8 clase cu un raport de segregare de 27 : 9 : 9 : 3 : 3 : 3 : 1.

Clasa I cuprinde 27 de combinații, din care una homozigotă, *AABBCC*, identică formei materne. Restul de 26 combinații fenotipic sînt asemănătoare formei materne, dar au constituție genotipică diferită.

Clasa a II-a cu nouă combinații, din care trebuie să rețină atenția combinația homozigotă *AABBcc* de pe diagonală, care este o formă nouă, cu bob galben, neted și coajă albă. Restul combinațiilor sînt heterozigote.

Clasa a III-a compusă din nouă combinații, din care una, *AAbbCC*, este o formă nouă homozigotă cu bob galben, zbîrcit și coajă cenușie. Restul combinațiilor sînt heterozigote.

Clasa a IV-a cuprinde nouă combinații cu bob verde, neted și coajă cenușie. Una dintre combinații este homozigotă, *aaBBCC*, restul cu diferite grade de heterozigoție.

Clasa a V-a cu trei combinații; fenotipic bobul este de culoare galbenă, zbîrcit, cu coajă albă. Combinația homozigotă nouă are formula *AAbbcc*.

Clasa a VI-a cuprinde trei combinații cu bobul verde, neted, cu coaja albă. Forma homozigotă — *aaBBcc*.

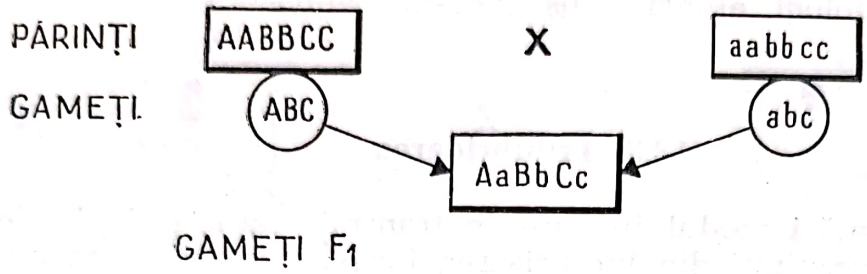
Clasa a VII-a este constituită din trei combinații cu bobul verde, zbîrcit, cu coaja cenușie. Forma homozigotă este *aabbCC*.

Clasa a VIII-a reprezentată prin ultima combinație are bobul verde, zbîrcit și coajă albă, identic formei paterne.

Scanned with OKEN Scanner

Din 8 forme homozigote două sînt identice cu formele parentale, iar 6 sînt forme noi. În fig. 58, formele noi ocupă diagonala cu direcţia stînga sus — dreapta jos.

Dacă în trihibridare segregarea se urmăreşte separat pentru fiecare însuşire, raportul rămîne cel de 3 : 1. Astfel, din 64 combinaţii 48 au bobul galben, iar 16, verde, 48 : 16 = 3 : 1; aceleaşi distribuţii numerice revin separat boabelor netede faţă de cele zbîrcite şi celor cu coaja cenuşie faţă de cele cu coaja albă.



GAMEŢI F_1

♀ \ ♂	ABC	ABc	AbC	Abc	aBC	aBc	abC	abc
ABC	AABBCC GNC	AABBCc GNC	AABbCC GNC	AABbCc GNC	AaBBCC GNC	AaBBCc GNC	AaBbCC GNC	AaBbCc GNC
ABc	AABBCc GNC	AABBcc GNC	AABbCc GNC	AABbcc GNA	AaBBCc GNC	AaBBcc GNA	AaBbCc GNC	AaBbcc GNA
AbC	AABbCC GNC	AABbCc GNC	AAbbCC GZC	AAbbCc GZC	AaBbCC GNC	AaBbCc GNC	AabbCC GZC	AabbCc GZC
Abc	AABbCc GNC	AABbcc GNA	AAbbCc GZC	AAbbcc GZA	AaBbCc GNC	AaBbcc GNA	AabbCc GZC	Aabbcc GZA
aBC	AaBBCC GNC	AaBBCc GNC	AaBbCC GNC	AaBbCc GNC	aaBBCC VNC	aaBBCc VNC	aaBbCC VNC	aaBbCc VNC
aBc	AaBBCc G.N.C.	AaBBcc G.N.A.	AaBbCc G.N.C.	AaBbcc G.N.A.	aaBBCc V.N.C.	aaBBcc V.N.A.	aaBbCc V.N.C.	aaBbcc V.N.A.
abC	AaBbCC G.N.C.	AaBbCc G.N.C.	AabbCC G.Z.C.	AabbCc G.Z.C.	aaBbCC V.N.C.	aaBbCc V.N.C.	aabbCC V.Z.C.	aabbCc V.Z.C.
abc	AaBbCc G.N.C.	AaBbcc G.N.A.	AabbCc G.Z.C.	Aabbcc G.Z.A.	aaBbCc V.N.C.	aaBbcc V.N.A.	aabbC V.Z.C.	aabbcc V.Z.A.

G. = *Endosperm galben*
V. = *Endosperm verde*
N. = *Bob neted*
Z. = *Bob zbîrcit*
C. = *Coajă cenuşie*
A. = *Coajă albă*

Fig. 58. Comportarea factorilor ereditari şi segregarea în trihibridare.

Scanned with OKEN Scanner

Studiind raportul de segregare se constată o complicaţie graduată de la monohibridare spre trihibridare şi în plus un fenomen de mare importanţă teoretică şi practică, *apariţia în F_2 a formelor noi,* inexistente înainte de încrucişare, în funcţie de numărul însuşirilor prin care diferă genitorii încrucişaţi.

Teoria factorilor ereditari pune în evidenţă o serie de corelaţii directe dintre posibilitatea obţinerii de forme noi şi numărul de însuşiri prin care diferă formele parentale, astfel:

— numărul categoriilor de gameţi în F_1 este egal cu numărul formelor încrucişate (2) ridicat la puterea care corespunde cu numărul de însuşiri prin care diferă genitorii. În monohibridare genitorii deosebindu-se printr-o singură pereche de însuşiri, hibridul F_1 (*Aa* sau *Bb* etc.) formează $2^1=2$ categorii gameţi, adică *A* şi *a*, în dihibridare $2^2=4$ gameţi, adică *AB*, *Ab*, *aB* şi *ab*, iar în trihibridare $2^3=8$ categorii de gameţi etc.;

— numărul posibilităţilor de combinare a gameţilor corespunde cu 4^n în care n este numărul factorilor ereditari prin care diferă formele încrucişate. În monohibridare $4^1=4$, în dihibridare $4^2=16$, iar în trihibridare $4^3=64$ etc.;

— numărul genotipurilor din F_2 corespunde cu 3^n, iar cel al genotipurilor homozigote $n=2^n$, n avînd aceeaşi semnificaţie (tab. 5).

Tabelul 5

Dependenţa obţinerii formelor noi, homozigote, de numărul factorilor ereditari prin care diferă formele încrucişate

Numărul de factori prin care diferă genitorii	Numărul categoriilor de gameţi din F_1	Posibilităţile de combinare în F_1	Categoriile de genotipuri în F_1	Genotipuri homozigote în F_1
1	$2^1=2$	$4^1=4$	$3^1=3$	$2^1=2$
2	$2^2=4$	$4^2=16$	$3^2=9$	$2^2=4$
3	$2^3=8$	$4^3=64$	$3^3=27$	$2^3=8$
4	$2^4=16$	$4^4=256$	$3^4=81$	$2^4=16$
5	$2^5=32$	$4^5=1\,024$	$3^5=243$	$2^5=32$
10	$2^{10}=1\,024$	$4^{10}=1\,048\,576$	$3^{10}=59\,094$	$2^{10}=1\,024$
n	2^n	4^n	3^n	2^n

Dintre genotipurile homozigote două sînt întotdeauna identice cu formele parentale, restul prezentînd forme noi, cu însuşiri neexistente la părinţi.

Revenirea hibrizilor prin constituţia genetică şi aspectul fenotipic spre genitorii încrucişaţi şi în special apariţia de noi forme, au confirmat ipoteza condiţionării tuturor însuşirilor de către particule materiale care se unesc în fecundaţie fără a se contopi, ceea ce le permite să se combine după legile probabilităţii într-o nouă fecundaţie. Aceste constatări ale lui Gr. Mendel au devenit mai tîrziu baza ştiinţifică a ameliorării plantelor şi animalelor.

Din teoria factorilor ereditari, în afara legilor hibridării, se desprind şi o serie de principii care constituie baza ştiinţifică a geneticii:

1. Fiecare însuşire este determinată de factori ereditari, care, în concepţia geneticii clasice, corespund noţiunii de genă.

Scanned with OKEN Scanner

2. Genele au o constanţă relativă, ele se păstrează în stare pură multe generaţii.

3. În transmiterea caracterelor la urmaşi ambele sexe participă în mod egal.

4. Demonstrînd separarea genelor în gameţi, prin calcul şi experimental, prin aspectul plantelor, Gr. Mendel a intuit diviziunea reducţională, descoperită cu peste două decenii mai tîrziu.

5. Distribuirea factorilor ereditari în perechi, din care unul poate fi dominant, iar altul recesiv, corespunde alelismului genetic stabilit în secolul XX, gena fiind reprezentată prin cel puţin două alele.

Legile şi principiile lui Gr. Mendel au stabilit prima unitate de măsură pentru procesele vitale — *gena*, realizînd o legătură metodologică cu fizica, chimia, matematica şi biochimia.

Teoria factorilor ereditari a constituit primul pas, cu adevărat ştiinţific, spre genetică. Ea a fost demonstrată experimental şi analizată matematic, iar metodologia folosită a permis verificarea teoriei prin repetarea experienţelor la multe specii de vieţuitoare.

Spre marele regret al ştiinţelor biologice, teoria factorilor ereditari nu a fost cunoscută sau înţeleasă de contemporanii lui Gr. Mendel şi nici măcar de cei mai mari naturalişti ai secolului al XIX-lea.

CAPITOLUL 14

TEORIA CROMOZOMICĂ A EREDITĂŢII MORGANISMUL

14.1. Teoria cromozomică a eredităţii

Cunoştinţele despre structura nucleului şi diviziunea celulei din secolul al XIX-lea au creat premisele hotărîtoare pentru apariţia unei teorii care să explice ereditatea, strîns legată de cromozom.

Citologii au sesizat paralelismul dintre legile lui Gr. Mendel şi comportarea cromozomilor. Perechea de cromozomi omologi, despărţirea lor în diviziunea reducţională, formarea gameţilor care conţin cîte un singur cromozom din perechea de omologi şi restabilirea perechii de cromozomi omologi în fecundaţie constituiau dovezi evidente ale teoriei factorilor ereditari a lui Gr. Mendel. Se punea întrebarea dacă factorul ereditar poate fi echivalat cu cromozomul. Întrucît însuşirile organismului sînt mult mai numeroase decît numărul perechilor de cromozomi, răspunsul a fost negativ.

Printre primii care au subliniat legătura dintre cromozomi şi ereditate trebuie amintiţi germanul Th. Boveri şi americanul W. Sutton. W. Sutton (1877—1916) a ajuns în anul 1902 la concluzia că unirea cromozomilor paterni şi materni în perechi, urmată de despărţirea lor în diviziunea reducţională, poate prezenta baza citologică a legilor eredităţii enunţate de către Gr. Mendel, menţionînd în continuare că fac-

Scanned with OKEN Scanner

torii ereditari sînt localizaţi în cromozomi. Întrucît numărul cromozomilor, în comparaţie cu însuşirile individului, este mic, trebuie admis că unii cromozomi conţin mai mulţi factori ereditari.

Existenţa factorilor ereditari în cromozomi este întrevăzută şi de citologul Strassburger, care spunea: „consider că aceste elemente (pangene) sînt înşiruite unul după altul în fiecare cromozom, într-o ordine constantă". Alţi genetişti, printre care şi Bateson, respingeau ideea localizării genei în cromozomi.

Analizînd această situaţie, R. Goldschmidt scria în anul 1911: „Presupunerea că germenii se găsesc în număr mare în interiorul unui cromozom elimină într-adevăr impasul ce îl creează numărul mic de cromozomi, dar în acest caz rămîne neexplicat cazul existenţei numeroaselor perechi de factori mendelieni care combină independent".

În această situaţie, genetica este îndreptată pe un nou drum, care corespunde unei epoci calitativ superioare, de către şcoala unor talentaţi genetişti compusă din Thomas Hunt Morgan, A. H. Sturtevant, H. J. Müller, C. B. Bridges şi alţii.

Thomas Hunt Morgan (1866—1945) s-a născut la 25 septembrie 1866 în localitatea Lexington din statul Kentucky. În anul 1890, T. H. Morgan îşi ia licenţa în ştiinţe naturale. A fost profesor de zoologie experimentală la Universitatea Columbia din New York, iar din anul 1928 la Institutul de Tehnologie din Pasadena (California), unde a funcţionat ca profesor şi director al laboratorului de biologie. Premiul Nobel i-a fost decernat lui Thomas Morgan în anul 1933, fiind primul savant care a beneficiat de acest prestigios premiu internaţional pentru realizările sale în domeniul geneticii.

Pentru meritele ştiinţifice T. H. Morgan a fost ales preşedinte al Academiei Naţionale de Ştiinţe, preşedinte al Societăţii naturaliştilor, al Societăţii de biologie experimentală şi medicină din America, *Doctor honoris causa* al mai multor universităţi americane şi străine.

Primele sale lucrări îl afirmau cu preocupări de zoologie experimentală şi embriologie, dînd o mare atenţie evoluţiei animalelor. Luînd cunoştinţă de legile lui Gr. Mendel, care erau foarte discutate la începutul secolului, T. H. Morgan ajunge la concluzia că evoluţia organismelor trebuie explicată nu prin ipoteze, ci prin experienţe, ceea ce îl determină să se ocupe de cercetări concrete de genetică începînd din anul 1908.

Primele experienţe le-a efectuat pe şoareci şi şobolani. Căutînd un nou obiect de studiu T. H. Morgan se stabileşte la musculiţa de oţet sau *Drosophila melanogaster*. Această insectă prezintă mari avantaje pentru cercetările de genetică: necesită condiţii simple de creştere, are un ciclu scurt de viaţă, o generaţie obţinîndu-se în 10—12 zile. Prolificitatea este mult mai mare în comparaţie cu mazărea, obiectul clasic pentru experienţele de genetică de pînă atunci. O musculiţă de oţet poate să dea o generaţie de cîteva sute de urmaşi, în plus, ea are numai patru perechi de cromozomi somatici, uşor de studiat la microscopul obişnuit, datorită formei şi mărimii care sînt bine diferenţiate pentru fiecare pereche. Astfel, perechea I este alcătuită din cromozomii sexului *XX* la femelă şi *XY* la masculi, perechea a II-a şi a III-a sînt alcătuite din cromozomi

Scanned with OKEN Scanner

destul de lungi, iar perechea a IV-a din cromozomi mici, care în metafază par a fi rotunzi sau puțin alungiți.

În glandele salivare ale larvelor de *Drosophila* au fost descoperiți cromozomii giganți, de 70—200 ori mai mari decît cromozomii obișnuiți. În structura cromozomilor giganți s-a aprofundat structura cromozomilor obișnuiți, care este aceeași, cu excepția dimensiunilor. Numărul cromozomilor giganți este de patru și provin din conjugarea cromozomilor omologi din celulele somatice. După cercetările lui W. Beermann (1952) conjugarea cromozomilor somatici are loc în stadiul timpuriu de dezvoltare a larvei. Urmează apoi o despiralizare și creșterea cromozomilor conjugați în lungime și grosime.

Musculița oțetului prezintă interes științific și pentru faptul că la ea, mai mult decît la orice altă specie, condițiile de mediu produc ușor mutații genice. T. H. Morgan a identificat peste 500 de mutații, dintre care peste 16 mutații pentru culoarea ochilor, 8 mutații pentru forma aripilor etc.

În urma experiențelor efectuate, T. H. Morgan formulează *teoria cromozomică a eredității,* cu următoarele principii de bază:

— ereditatea este condiționată de un suport material localizat în cromozom;

— cea mai mică unitate materială a eredității este gena, care condiționează toate însușirile organismului;

— modificările eredității sînt rezultatul mutațiilor genice sau cromozomice, care apar întîmplător.

T. H. Morgan se folosește de termenul de genă (introdus de savantul danez Johansen) pe care îl consideră corespunzător. Simbolurile pentru notarea genelor, rămîn litera mare pentru genele dominante și litera mică pentru cele recesive sau litera mică pentru genele recesive și litera mică cu semnul (+) pentru cele dominante. Simbolul de notare corespunde cu prima literă a cuvîntului cu care este denumit caracterul în limba engleză.

Ca unitate materială de bază a eredității gena are mai multe însușiri, dintre care T. H. Morgan subliniază:

— însușirea de a se divide, de a se reproduce; el presupune că această reproducere s-ar realiza asemănător reacțiilor autocatalitice din chimie, dar subliniază că „pînă nu vom afla mai bine cum se divide gena este cel puțin riscant să facem o astfel de comparație directă". Deși nu cunoștea mecanismul de autoreproducere a genei, T. H. Morgan i-a atribuit corect această însușire;

— stabilitatea genei asigură constanța însușirilor genetice, fără de care nu ar fi posibile studiile de genetică asupra eredității;

— mutabilitatea este o însușire „ocazională" care duce la apariția de noi însușiri;

— amplasarea liniară constantă a genei într-o poziție bine definită denumită *locus;*

— atracția reciprocă a genelor era considerată de T. H. Morgan ca unul din cele mai remarcabile fenomene. Conjugarea cromozomilor înainte de a se despărți în diviziunea reducțională este astăzi pe deplin dovedită. S-a stabilit că dacă un cromozom pierde o mică porțiune din partea centrală, cromozomul omolog, rămas mai lung, va forma în timpul

Scanned with OKEN Scanner

conjugării o curbură pe porțiunea lipsită de omologie, dînd posibilitate genelor de același fel să se atragă în conjugare.

Teoria cromozomică și neconcordanțele cu legile lui Mendel. Încă din prima etapă a geneticii s-au observat cazuri cînd descendențele hibride se abăteau de la legile lui Gr. Mendel. Una din excepții este cea condiționată de transmiterea în bloc a genelor existente într-un cromozom și nu izolat, cum presupunea Gr. Mendel, alta este că în F_1 la unii hibrizi se exteriorizau însușiri intermediare și nu însușirea considerată a fi dominantă. Se adaugă apoi excepțiile care se constată la determinarea sexului, determinarea caracterelor condiționate de gene localizate în cromozomii sexului, diferite cazuri de interacțiune între gene și ereditatea citoplasmatică.

Teoria cromozomică a eredității a explicat multe din excepțiile care apar în urma hibridării în F_1 și în generațiile următoare.

În lucrările lui T. H. Morgan se arată că unele excepții ale segregării hibrizilor în F_2 și chiar în F_1 nu au putut fi prevăzute de Gr. Mendel din cauza nivelului scăzut al cunoștințelor de citologie, în special a celor legate de structura cromozomilor și comportarea lor în diviziunea reducțională.

Subliniind valabilitatea mendelismului, T. H. Morgan arată că pentru respectarea legilor lui Gr. Mendel ar fi necesar ca în oricare pereche de cromozomi să se găsească o singură pereche de gene, cîte o genă pentru fiecare cromozom. Numai astfel genele se pot separa independent în diviziunea reducțională și se pot combina în fecundație conform legilor de probabilitate.

Atunci cînd două perechi de factori intră într-o încrucișare, spunea T. H. Morgan, una fiind purtată într-o pereche de cromozomi, iar cealaltă în altă pereche de cromozomi, și dacă (așa cum se știe că se întîmplă) aceste două perechi se separă la întîmplare (adică independent una de alta) în timpul diviziunii celulei, atunci distribuirea acestor cromozomi și recombinarea lor următoare la întîmplare în fecundație îndeplinesc condițiile legii a doua a lui Gr. Mendel.

Acum se știe că numărul cromozomilor este limitat și constant, iar numărul genelor este foarte mare, un cromozom conținînd mai multe gene.

Din cele relatate reiese că legile lui Gr. Mendel rămîn valabile numai pentru hibridările în care participă forme cu însușiri determinate de gene localizate în diferite perechi de cromozomi omologi. În cazul cînd genele care condiționează însușiri diferite sînt amplasate în aceeași pereche de cromozomi, ele se transmit împreună, înlănțuit, dar, după cum se știe, numai atîta timp cît cromozomul rămîne intact.

14.2. Transmiterea înlănțuită a genelor (linkage)

Transmiterea înlănțuită a genelor dintr-un cromozom, fără a se combina liber cu altele și de a da noi forme datorită combinării independente, constituie *prima neconcordanță cu legile lui Mendel.*

Scanned with OKEN Scanner

Primul caz de transmitere înlănțuită a genelor a fost publicat în 1906 de către W. Bateson și R. Punnett, care au încrucișat două soiuri de *Lathyrus odoratus* ce se deosebeau distinct prin două însușiri: unul avea flori purpurii și grăunciori de polen alungiți, iar al doilea flori roșii și grăunciori de polen rotunzi. Culoarea purpurie a florilor și forma alungită a grăunciorilor de polen sînt caractere dominante, iar culoarea roșie și forma rotundă, caractere recesive.

Conform cu legile lui Gr. Mendel, autorii au executat o hibridare și ar fi trebuit să obțină toți indivizii cu flori purpurii și polen alungit în F_1, iar în F_2 o segregare de 9 : 3 : 3 : 1, adică la 9 plante cu flori purpurii și polen alungit urma să corespundă 3 plante cu flori purpurii și polen rotund, 3 plante cu flori roșii și polen alungit și 1 plantă cu flori roșii și polen rotund.

Segregarea a fost însă de 10 : 1 : 1 : 10, ceea ce nu corespunde calculelor teoretice, observîndu-se clar tendința de transmitere în bloc a însușirii floare purpurie cu cea de polen alungit și a celei de floare roșie cu cea de polen rotund. W. Bateson și R. Punnett nu au putut explica fenomenele în fața cărora se aflau. Dacă raportul ar fi fost de 10 : 10 atunci ar fi fost mai ușor de bănuit mecanismul genetic de înlănțuire a genelor, dar cele două forme intermediare din centrul raportului de segregare scoteau în evidență și fenomenul de schimb de gene între cromozomi, ceea ce a făcut imposibilă descifrarea cauzelor.

Explicarea a fost dată de T. H. Morgan și colaboratorii săi, care au efectuat încrucișări similare la *Drosophila melanogaster* între o musculiță femelă purtătoare a două mutații recesive: corp negru *bb* și aripi vestigiale *vg vg* și un mascul de tip sălbatic cu corp cenușiu $b^+ b^+$ și aripi normale $vg^+ vg^+$ caractere dominante. În prima generație toate musculițele au avut înfățișarea tipului sălbatic, adică aripi lungi și corp cenușiu (fig. 59, 60).

Continuînd experiența, T. H. Morgan a încrucișat o musculiță dublu recesivă (corp negru, aripi vestigiale *b b v g v g*, cu un mascul F_1 heterozigot $b\,b^+$ $vg\,vg^+$. Descendenții obținuți erau de două feluri, jumătate cenușii cu aripi normale și jumătate negri cu aripi vestigiale, lipsind musculițele negre cu aripi lungi și cele cenușii cu aripi vestigiale, cum ar fi trebuit să se întîmple în conformitate cu legea liberei combinații a genelor în dihibridare.

T. H. Morgan a ajuns la concluzia că genele care determină culoarea corpului și cele care determină forma aripilor sînt amplasate în același cromozom și ele se transmit înlănțuit, fenomenului atribuindu-se denumirea de *linkage* (înlănțuire).

Genele amplasate într-un cromozom se transmit împreună și alcătuiesc o grupă de înlănțuire, *linkage*, numărul grupelor corespunzînd cu numărul perechilor de cromozomi omologi.

Transmiterea înlănțuită a genelor poate fi pusă în evidență în cazul cînd se încrucișează forme care diferă prin caractere condiționate de gene localizate în aceeași pereche de cromozomi omologi. În cazul cînd însușirile sînt condiționate de gene ce fac parte din două grupe de înlănțuire, segregarea se produce conform legilor mendeliene.

Scanned with OKEN Scanner

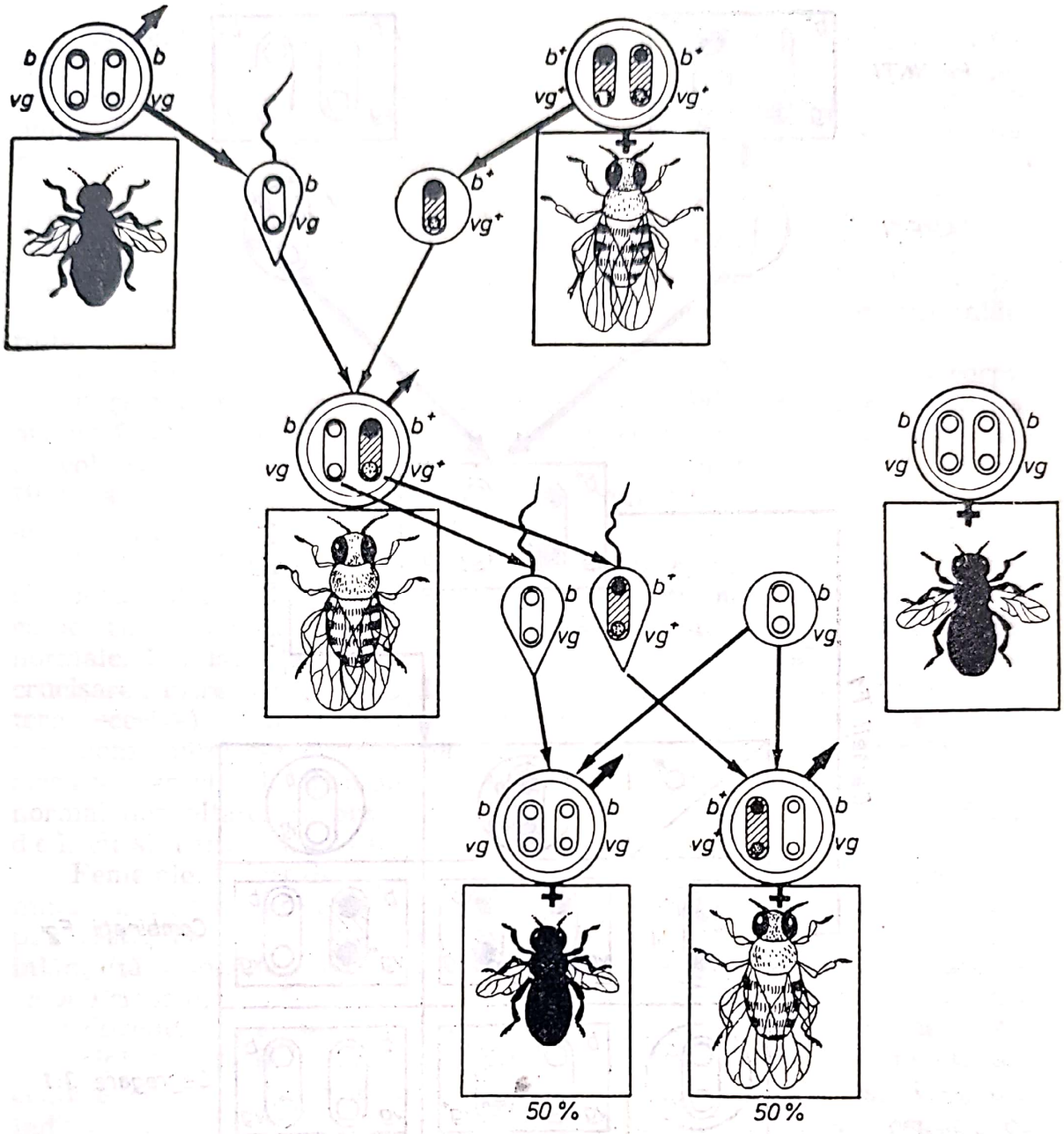


Fig. 59. Transmiterea înlănțuită a genelor la *Drosophila melanogaster:* genele recesive *b b* — corp negru, *vg vg* — aripi vestigiale și genele dominante b^+ b^+ — corp cenușiu, vg^+ vg^+ — aripi normale sînt localizate în aceeași pereche de cromozomi.

14.3. Schimbul de gene între cromozomii omologi (crossing-over)

Fenomenul de *crossing-over* este strîns legat de particularităţile sinaptice observate în subfazele profazei meiozei și în mod special de formarea chiasmelor. Cuvîntul de *crossing-over* provine din limba engleză și înseamnă împletire, încrucișare.

Crossing-overul poate avea loc în orice punct al cromozomului. Mecanismul crossing-overului nu este încă pe deplin elucidat. Cu toate aces-

Scanned with OKEN Scanner

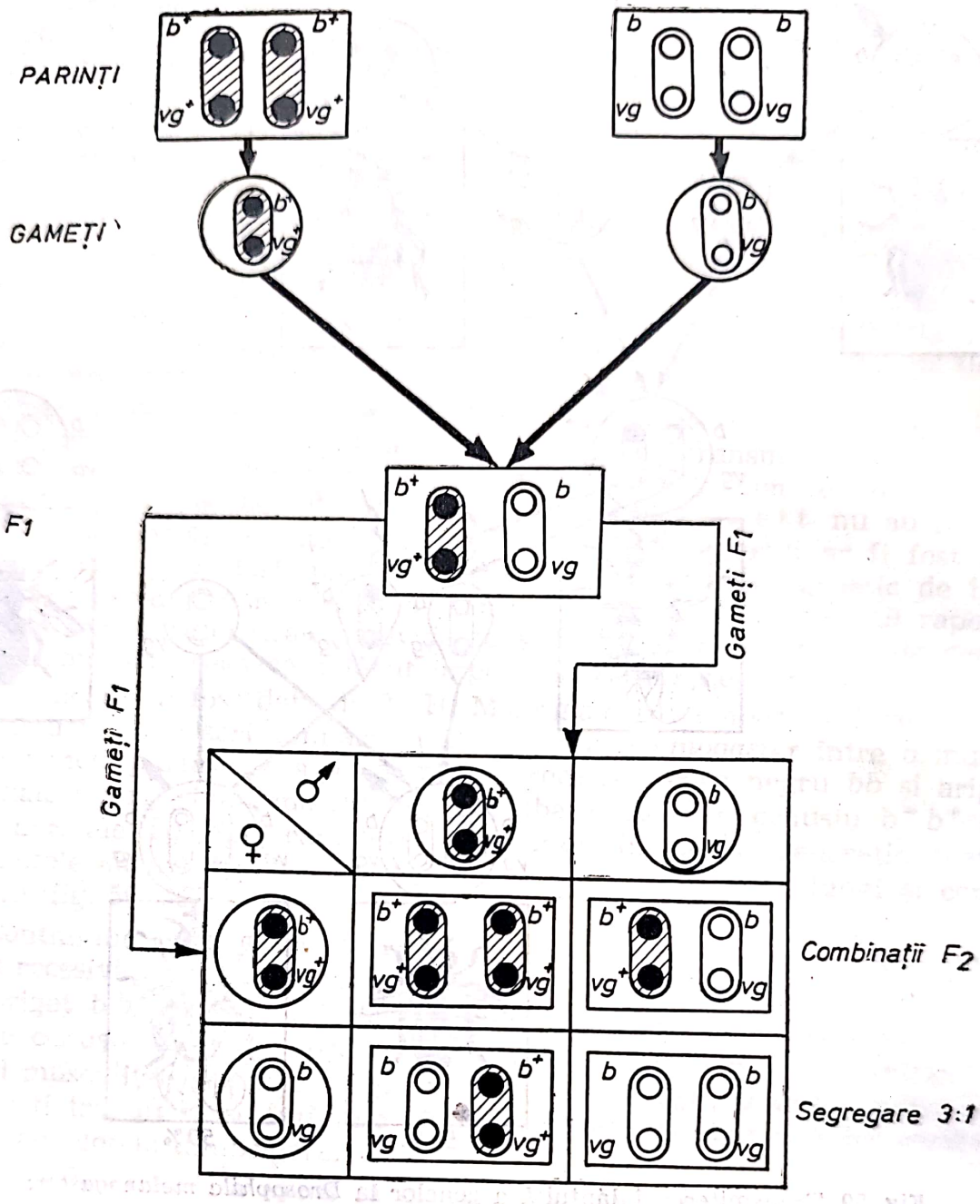


Fig. 60. Comportarea genelor înlănțuite în diviziunea reducțională.

tea el are valabilitate generală, întîlnindu-se de la cele mai simple vieţuitoare pînă la plantele şi animalele superioare.

În cazul cînd genele alele din cromozomii omologi sînt diferite, ceea ce de regulă se întîmplă la hibrizi, unul conţinînd gene dominante, iar al doilea recesive, prin crossing-over poziţia înlănţuită se schimbă avînd implicaţii asupra raportului de segregare începînd cu F_2. *Crossing-overul constituie astfel o a doua excepţie de la legile lui Mendel.*

Din punct de vedere biologic, crossing-overul are două aspecte genetice: modificarea poziţiei genei în meioză şi exteriorizarea noii combinaţii în fenotip.

Existența fenomenului de crossing-over a fost semnalată în experiențele lui F. A. Janssen în anul 1909. Multe dintre aspectele citologice ale crossing-overului au fost explicate de către Th. Morgan, care în anul 1926 a scos în evidență importanța fenomenului pentru recombinarea genelor și ca urmare apariția de noi însușiri. Astfel, el a stabilit că la *Drosophila melanogaster* atît culoarea corpului cît și forma și mărimea aripilor sînt condiționate de cîte o pereche de gene localizate în perechea a doua de cromozomi. Forma sălbatică a genelor pentru culoarea cenușie a corpului a fost notată cu b^+, iar a aripilor normal dezvoltate cu vg^+. Fiind localizate pe același cromozom, cele două gene se transmit înlănțuite.

Una din mutațiile recesive obținute de T. H. Morgan avea corpul negru și a fost notată cu *bb* (de la cuvîntul englezesc black=negru) și aripile foarte slab dezvoltate notate cu *vg vg* (vestigial=rudimentar, nedezvoltat). Starea homozigotă se reprezintă prin b^+b^+/vg^+vg^+, pentru tipul sălbatic dominant și prin *bb/vg vg*, pentru mutația cu corp negru și aripi vestigiale.

În cazul cînd genele se transmit înlănțuite, în cromozomul în care sînt localizate, segregarea caracterelor în F_2 ar trebui să respecte raportul caracteristic monohibridării de 3 : 1, adică la 3 musculițe cenușii, cu aripi normale, 1 muscuță de culoare neagră cu aripi vestigiale. Efectuînd încrucișarea între o muscuță de culoare neagră cu aripi vestigiale (caractere recesive) cu un mascul cenușiu cu aripi normal dezvoltate (caractere dominante) s-a obținut generația F_1 în care toate musculițele exteriorizau caracterele dominante — culoarea cenușie a corpului și aripi normal dezvoltate. Se observă o respectare atît a legilor lui Gr. Mendel, cît și a transmiterii înlănțuite a genelor.

Femelele heterozigote din F_1, fenotipic asemănătoare cu forma dominantă, au fost încrucișate cu masculi recesivi homozigoți, negri cu aripile vestigiale. În F_2 se aștepta un rezultat care să respecte transmiterea înlănțuită a genelor, adică 1/2 din musculițe să fie de culoare cenușie, cu aripi normale, iar 1/2 de culoare neagră, cu aripi vestigiale. Rezultatele s-au dovedit a fi cu totul altele: 41,5% din musculițe aveau corpul negru cu aripi vestigiale asemănătoare cu forma paternă, 41,5% de culoare cenușie cu aripi normale, asemănătoare cu forma mamă, iar 17% din indivizi erau forme noi, din care 8,5% musculițe de culoare cenușie cu aripi vestigiale (formă nouă) și 8,5% de culoare neagră cu aripi normale (a doua formă nouă).

Formele noi, apărute în urma recombinării genelor datorită schimbării poziției prin intermediul crossing-overului, se numesc cross-overi. Apariția de forme noi corespunde raportului de segregare caracteristic dihibridării, dar după numărul indivizilor cu fenotip nou se deosebește de dihibridare (fig. 61).

Explicația a fost dată de Th. Morgan, care cunoscînd fenomenul de crossing-over a demonstrat că între unii cromozomi omologi ai musculiței femele F_1, heterozigotă, a avut loc un schimb de gene în diviziunea reducțională. Procentul de 17 indivizi cross-overi, ce aparțin formelor noi, reprezintă frecvența gameților proveniți din celule în care a avut loc crossing-overul.

Scanned with OKEN Scanner

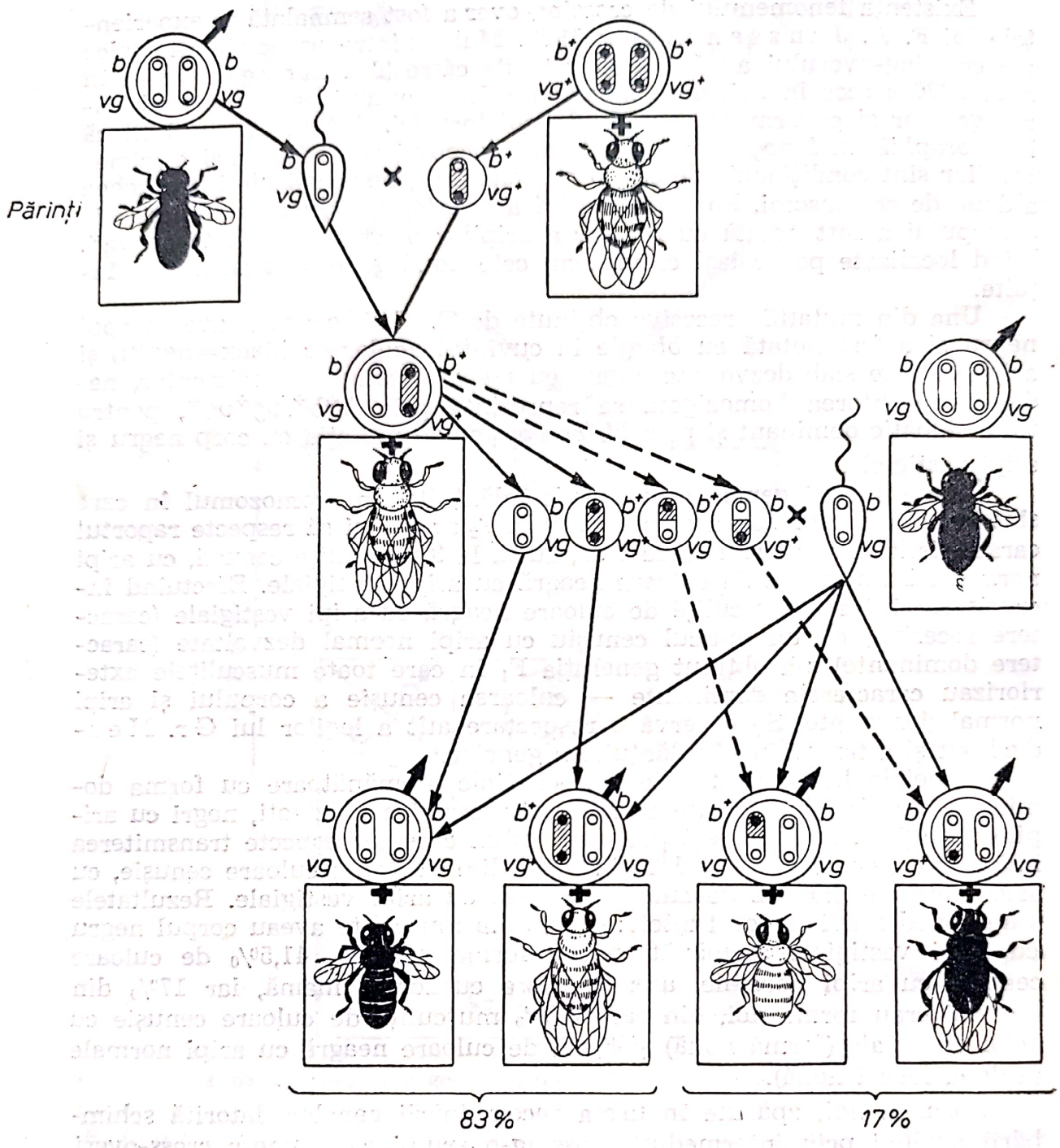


Fig. 61. Segregarea fenotipică și genotipică condiționată de schimbul poziției genelor în crossing-over la *Drosophila melanogaster*.

Mai sus se subliniază utilizarea femelelor heterozigote din F_1 pentru evidențierea schimbului de gene în crossing-over. Se poate pune întrebarea dacă nu pot fi folosiți ca testeri și masculii de *Drosophila*. Răspunsul este negativ, dar aceasta deocamdată numai pentru *Drosophila melanogaster*, la masculii căreia genele se găsesc în înlănțuire absolută. Datorită absenței crossing-overului la masculi, folosirea lor la încrucișare cu femele recesive homozigote pentru ambele însușiri amintite nu duce

la obținerea de noi forme de tip cross-over. Din acest punct de vedere musculița vinului reprezintă o excepție, poate chiar unică, deoarece la celelalte specii crossing-overul are loc la ambele sexe. Nu de mult s-a constatat că la viermele de mătase *(Bombyx mori)* crossing-overul este caracteristic numai sexului masculin, lipsind complet la femele.

Urmărind explicația dată de T. H. Morgan se constată că în 83% din celulele germinale ale generației femele F_1, genele au rămas în grupele de înlănțuire inițiale, iar la 17% și-au schimbat reciproc poziția realizîndu-se în loc de b^+vg^+ și bvg o distribuire nouă b^+vg și $b\,vg^+$. Din fecundația oosferelor b^+vg și $b\,vg^+$ cu gameți masculi $b\,vg$ rezultă combinațiile $\frac{b^+vg}{b\ vg}$ și $\frac{b\ vg^+}{b\ vg}$, adică musculițe cenușii cu aripi vestigiale și musculițe negre cu aripi normale.

Mecanismul citologic al crossing-overului a fost studiat de către mulți citologi. K. Mather a stabilit în 1937 că genul la lăcustă *Stenobothrus* cuprinde specii cu cromozomi omologi diferiți ca mărime, ceea ce a permis să constate că între lungimea cromozomilor și numărul mediu de chiasme există o corelație pozitivă, la cromozomii scurți formîndu-se o singură chiasmă. Repartiția chiasmelor pe lungimea cromozomului se realizează după anumite legi; prima chiasmă se formează, de regulă, la o anumită distanță de centromer, denumită *distanță diferențială,* lungimea ei depinzînd de lungimea cromozomului; chiasmele aceluiași braț de cromozomi sînt separate între ele prin intervale bine diferențiate numite *distanțe de interferență,* pentru fiecare specie distanțele fiind constante (fig. 62).

După numărul de gene a căror poziție se schimbă și după modul în care se realizează crossing-overul se disting: crossing-overul simplu, dublu, multiplu și inegal (fig. 63). Un aspect deosebit al crossing-ove-

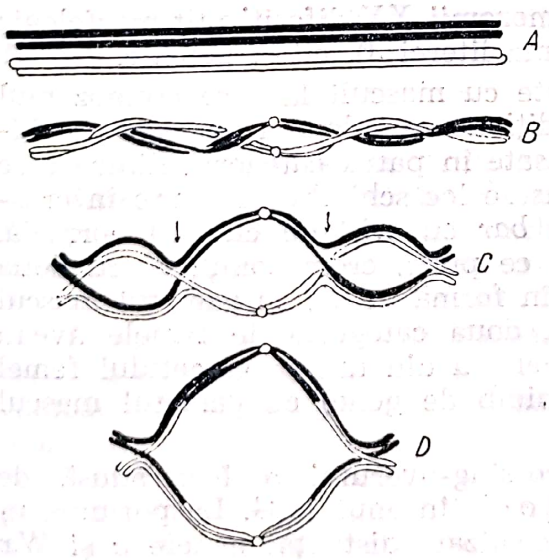


Fig. 62. Formarea chiasmelor:
A — cromozomi omologi dispuși orizontal; *B* — împletirea în pahiten; *C* — desprinderea cromozomilor în diploten; *D* — reducerea chiasmelor în diachineză.

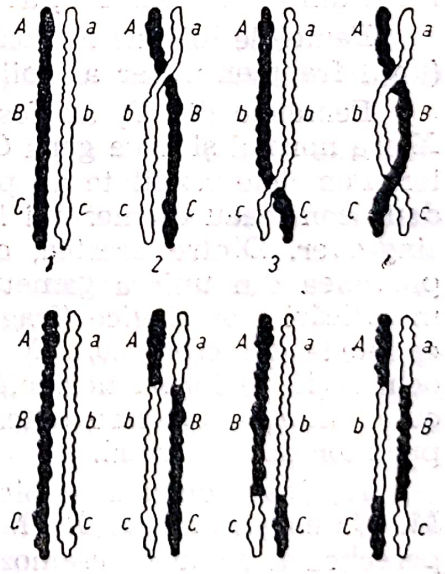


Fig. 63. Reprezentarea schematică a crossing-overului:
1 — cromozomi omologi; *2* și *3* — crossing-over simplu; *4* — crossing-over dublu.

rului îl prezintă schimbul de gene între cromozomii sexului *X* și *Y*, care a fost studiat amănunțit la *Drosophila melanogaster*. Acești cromozomi prezintă uneori o porțiune omologă foarte mică, iar crossing-overul între ei se realizează în cazuri rare 1 : 2000, cînd are loc un schimb reciproc de gene între cromozomii *X* și *Y*.

S-a stabilit că frecvența crossing-overul, în general, este influențată de factori, ca: temperatura, radiațiile, compoziția chimică a hranei și vîrsta indivizilor. La femelele în vîrstă de *Drosophila melanogaster*, frecvența crossing-overului este mult diminuată în comparație cu cele tinere.

Dovada citologică a crossing-overului. Crossing-overul a rămas mult timp nedovedit citologic. Pentru a se fi realizat dovada citologică a crossing-overului era necesară descoperirea de indivizi care să difere nu numai prin însușiri, dar și prin forma și mărimea cromozomilor omologi în care sînt localizate genele răspunzătoare de manifestarea însușirilor.

Pentru prima dată dovada citologică a fost adusă de C. Stern în anul 1931 la *Drosophila*. Acesta a încrucișat două linii de *Drosophila*, care se deosebeau atît prin morfologia cromozomilor *X*, cît și prin genele conținute în acești cromozomi.

Prima linie avea cromozomii *X* fragmentați în cîte două segmente, prin iradiere cu raze röntgen. Două gene erau modificate sub influența tratamentului, și anume gena recesivă *b* devenise dominantă *B* (*bar*), reducînd mult suprafața ochilor, iar gena *C*, dominantă, devenise recesivă *c*, care în stare homozigotă condiționează culoarea roșie a ochilor (*carnation*). Linia a doua conținea genele sălbatice nemodificate, adică ochi de mărime normală, condiționată de genele recesive *b*, iar culoarea ochilor normali. Un cromozom *X* la această linie avea translocat un fragment din cromozomul *Y*, avînd forma de J.

Femelele hibride F_1 conțineau cromozomii *XX* diferiți atît morfologic (unul fragmentat iar al doilea sub forma literei J), cît și genetic.

Femelele din F_1 au fost încrucișate cu masculi la care cromozomul *X* era normal și avea gena *C*, care condiționează culoarea normală a ochilor. Femelele rezultate au putut fi clasate în patru categorii, dintre care două conțineau cromozomi la care avusese loc schimbul de gene în crossing-over. Dintre acestea, o categorie *bar* cu ochi de culoare normală, provenea din unirea gametului femel ce purta cromozomul *X* cu două modificări morfologice (fragmentat și în formă de J), cu gametul mascul ce purta un cromozom *X* normal. A doua categorie de femele aveau ochi roșii de formă normală. Ele proveneau din unirea gametului femel cu cromozom *X* (care suferise un schimb de gene) cu gametul mascul purtător de *X* normal.

A doua dovadă citologică a crossing-overului a fost adusă de M. Creighton și B. Mc. Clintock în anul 1934. La porumb, în perechea a IX-a de cromozomi sînt localizate distanțat genele *c* și *Wx* care condiționează: *C*=bob colorat pigmentat; *c*=bob nepigmentat; *Wx*=endosperm amidonos; *wx*=endosperm ceros. La o plantă s-a observat că perechea a IX-a de cromozomi este diferită morfologic, unul din cromozomi fiind alungit, iar la o extremitate purta o umflătură în formă

Scanned with OKEN Scanner

de buton. Alungirea se produsese prin translocarea unui fragment de pe un cromozom din perechea a VIII-a.

Cromozomul alungit era purtător al genelor dominante *C* spre partea îngroşată şi *Wx* spre partea alungită. Fenotipic, planta avea boabe colorate normal, cu endosperm amidonos. Cromozomul omolog era normal şi purta aceleaşi gene în stare recesivă *C* şi *wx*.

Planta cu cromozomul alungit a fost folosită ca formă mamă la încrucişarea cu o plantă purtătoare a doi cromozomi normali, în formă de bastonaş, cu genele recesive *c* şi *wx*.

În descendenţă au rezultat patru categorii de plante, două identice genotipic şi fenotipic cu formele parentale, iar două forme noi, recombinate.

Întrucît planta tată era homozigotă şi a produs o singură categorie de gameţi *c wx*, rezultatul se explică numai prin schimbarea poziţiei genelor la planta mamă în crossing-over, la o parte din celule. Celulele care s-au divizat fără crossing-over au dat gameţi femeli *C Wx* şi *c wx*, care combinîndu-se cu gametul mascul *c wx* a reprodus formele parentale (fig. 64).

Prin schimbarea poziţiei genelor, în crossing-over au apărut şi gameţi cross-overi *cWx* şi *Cwx*, care combinîndu-se cu gametul mascul *cwx* au dus la obţinerea de forme noi cu bob nepigmentat amidonos şi bob pigmentat ceros.

Rezultatele fenotipice au fost confirmate prin analize citologice, care au stabilit patru categorii de cromozomi omologi:

— omologi identici cu cei ai formei mamă (un cromozom alungit cu buton la o extremitate şi unul normal sub formă de bastonaş);

— omologi normali mici în formă de bastonaş, proveniţi din unirea unui gamet femel purtător al cromozomului normal cu un gamet mascul normal, de la planta tată;

— cromozomi la care unul dintre omologi avea la extremitate umflătura sub formă de buton, fără a avea la partea opusă fragmentul de alungire;

— omologi la care unul prezenta alungirea, fără a avea la extremitatea opusă îngroşarea în formă de buton.

Crossing-overul somatic. Cercetările lui C. Stern la *Drosophila melanogaster* au demonstrat că schimbul de gene între cromozomii omologi are loc şi în mitoză. Acesta a scos în evidenţă existenţa crossing-overului somatic prin intermediul încrucişărilor.

În anul 1957, genetistul american J. H. Taylor a dovedit existenţa crossing-overului somatic prin probe citologice, folosind metoda microradioautografiei. El a introdus radicelele de *Bellevalia romana* (2n= 8 cromozomi) în soluţie nutritivă, în care a adăugat timidină marcată cu izotopul radioactiv tritiu (H^3), care se îmbibă în cromozom şi impresionează placa fotografică. După 8 ore radicelele au fost scoase şi amplasate într-o soluţie nutritivă fără timidină, dar care conţinea colchicină. Colchicina blochează diviziunea celulelor permiţînd autoreproducerea cromozomilor, care se clivează normal şi rămîn în celulă, putîndu-se stabili numărul de diviziuni care au avut loc după înlăturarea mediului radioactiv, examinînd numărul de cromozomi şi de cromatide neradioactive (fig. 65).

Scanned with OKEN Scanner

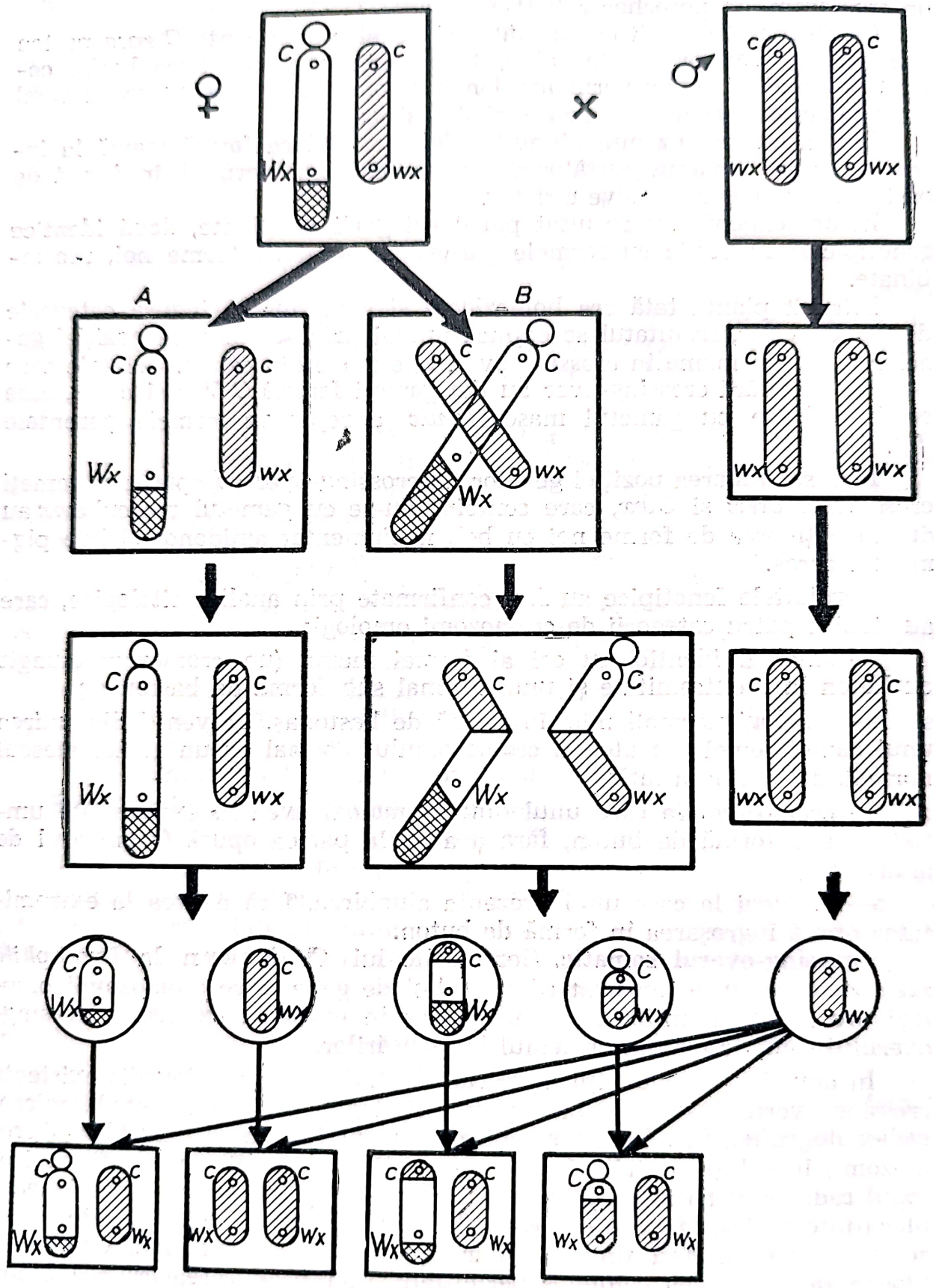


Fig. 64. Dovada citologică a crossing-overului la porumb:
A — diviziune reducțională fără crossing-over; *B* — cu crossing-over.

Scanned with OKEN Scanner

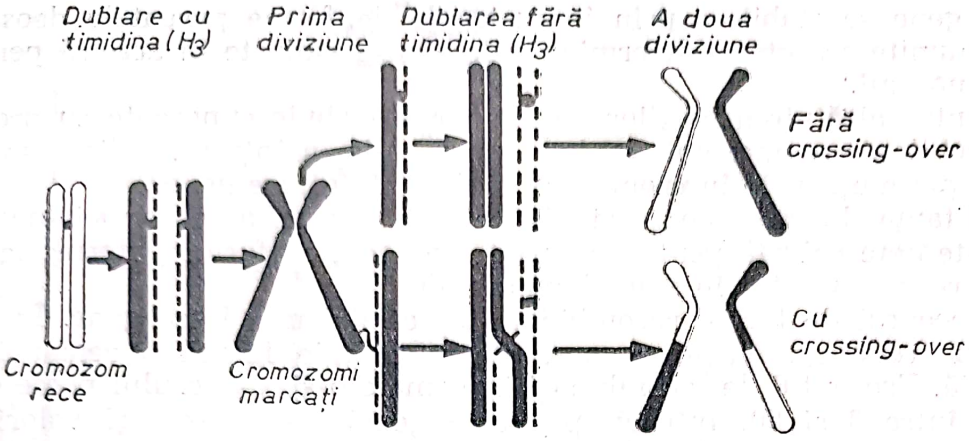


Fig. 65. Crossing-overul somatic pus în evidență prin metoda microradioautografiei.

S-a constatat că după transferarea radicelelor din mediul radioactiv în mediul nutritiv cu colchicină, cromozomii ce alcătuiesc perechea omologă sînt uniform radioactivi. În următoarea diviziune se observă că o cromatidă (cea autoreprodusă pe mediul normal) este neradioactivă. În anafază, cromatidele radioactive se despart de cele normale formînd un cromozom radioactiv și unul normal. J. H. Taylor a observat că unii cromozomi se compun din zone radioactive și zone normale, ca urmare a schimbului de fragmente între cromatidele surori în timpul diviziunii mitotice, fenomen denumit *crossing-over somatic*.

Crossing-overul somatic a fost bine studiat la diptere, în special la *Drosophila*, iar dintre plante la porumb.

14.4. Distribuirea liniară a genelor — hărțile cromozomale

Distribuția liniară a genelor în cromozomi constituie unul din principiile de bază ale teoriei cromozomice enunțată de T. H. Morgan și colaboratorii săi.

În experiențele executate, el a stabilit că valoarea crossing-overului se determină de relația dintre indivizii cross-overi față de numărul total de indivizi din descendența studiată. O unitate de cross-over este egală cu 1% din crossing-over. Valoarea crossing-overului exprimă astfel puterea de înlănțuire a genelor în cromozom. Cu cît este mai mare frecvența crossing-overului cu atît este mai slabă forța de înlănțuire. Genele sînt cu atît mai distanțate cu cît valoarea crossing-overului este mai mare și invers. Pe baza acestor constatări și calcule s-a ajuns la concluzia că genele au o distribuție liniară, pe lungimea cromozomului, fiecare genă ocupînd o poziție bine stabilită denumită *locus*. Așezarea liniară a genelor la distanțe determinabile în urma crossing-overului a sugerat ideea cartării genelor în cromozomi.

Hărțile cromozomale constituie reprezentarea grafică a locurilor în care se găsesc amplasate genele din cromozomii unui organism. Distanțele

dintre gene se stabilesc prin încrucișarea de forme parentale deosebite prin anumite caractere, determinate de gene localizate în aceeași pereche de cromozomi.

Pentru alcătuirea hărților cromozomale trebuie cunoscute cu precizie la perechile de cromozomi omologi, grupele de înlănțuire, ordinea în care sînt amplasate genele în cromozomi și distanța dintre gene.

Distanța dintre gene se stabilește prin încrucișarea formei materne, care este heterozigotă pentru perechea de gene, cu forma paternă, la care genele respective sînt în stare homozigotă.

Procentul de forme recombinate indică distanța între gene. În legătură cu frecvența formelor recombinate trebuie făcută o remarcă importantă. Procentul de recombinări în urma crossing-overului poate oscila numai între 0 și 50. Întrucît pe harta genelor se găsesc și valori mai mari, se poate pune întrebarea cum de este distanța mai mare dacă procentul de recombinare nu depășește cifra de 50?

Distanța dintre genele îndepărtate se determină ținîndu-se seama de crossing-overul dublu care are loc între genele intermediare și între genele îndepărtate. În aceste situații, distanța între genele îndepărtate se stabilește prin însumarea valorilor de recombinare dintre genele intermediare, care poate depăși cu mult procentul de 50. De exemplu, pe cromozomul II la *Drosophila melanogaster* sînt plasate genele „ochi în formă de stea" *S* la 1,3 distanță și „aripi punctate" *sp* la distanță de 107,0, distanța dintre cele două gene fiind astfel de 105,7 unități de recombinare. Încrucișarea de testare între indivizi cu ambele mutații și indivizi normali dă 48,7% recombinări. Aceasta din cauza crossing-overelor duble, care reduc frecvența crossing-overelor simple. Prin însumarea valorilor de recombinare între genele intermediare se obține valoarea reală a distanței dintre gene distanțate, adică 105,7 (fig. 66).

Modul în care se determină ordinea genelor în grupul de înlănțuire, în cromozom este următorul: se presupune că trebuie amplasat pe hartă un nou caracter mutant, a cărui genă o notăm cu *c*. Pentru aceasta se procedează la încrucișarea cu o formă ce poartă pe același cromozom o genă *b* cu poziție cunoscută (fig. 67). Dacă în descendență se obțin 15% cross-overi, înseamnă că gena *c* se află la o distanță de 15 unități față de gena *b*. Rezultatul nu indică, însă, dacă gena *c* se află deasupra sau sub gena *b*. Pentru a afla poziția ei față de *b* se face o nouă testare cu perechea de gene *Aa*, a cărei relație față de genele *Bb* este cunoscută, fiind egală cu 10. Dacă din noua încrucișare rezultă un crossing-over de 25%, deducem că genele *Cc* se află sub poziția genelor *Bb*. Dacă însă, numărul crossing-overelor este de numai 5%, rezultă că poziția genelor *Cc* este deasupra genelor *Bb*.

Primele hărți cromozomale au fost alcătuite la *Drosophila melanogaster* de către C. B. Bridges, precum și la alte specii din genul *Drosophila*. La *Drosophila virilis*, care are 6 perechi de cromozomi omologi, au fost stabilite 6 grupe de linkage.

Dintre plantele superioare, mai amănunțit a fost studiat porumbul (*Zea mays*) cu 10 grupe de linkage, în care au fost determinate pozițiile a peste 400 de gene. Au mai fost stabilite hărți cromozomale la *Antirrhinum majus*, *Hordeum vulgare* (orz), *Oryza sativa* (orez), *Solanum lycopersicum* (tomate), *Triticum aestivum* și altele. La toate speciile amintite,

Scanned with OKEN Scanner

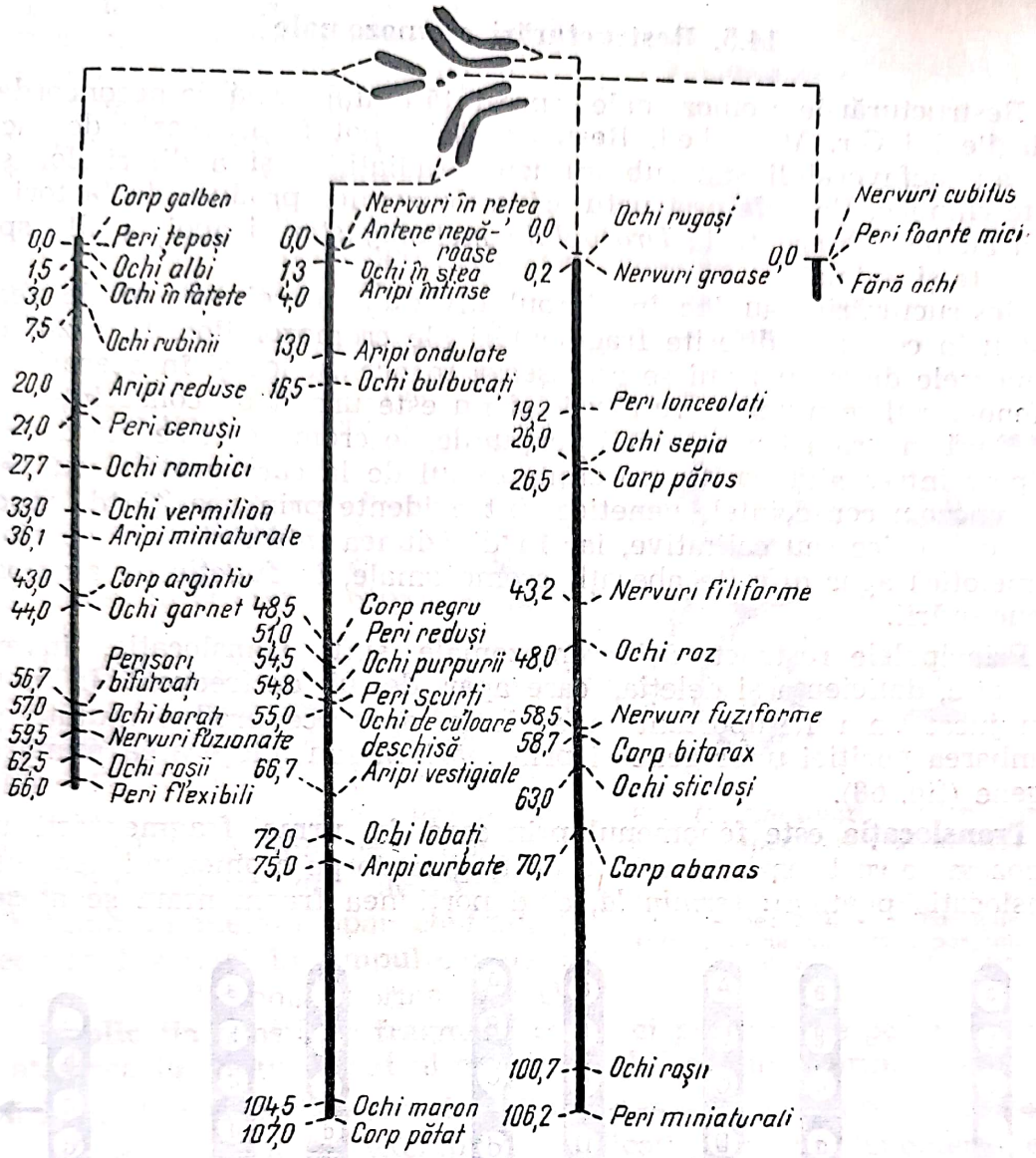


Fig. 66. Harta cromozomală la *Drosophila melanogaster.*

numărul grupelor de linkage corespunde numărului de perechi de cromozomi omologi. A fost întocmită, de asemenea, harta cromozomală pentru ascomiceta *Neurospora crassa,* care are 7 grupe de linkage, corespunzător numărului de cromozomi.

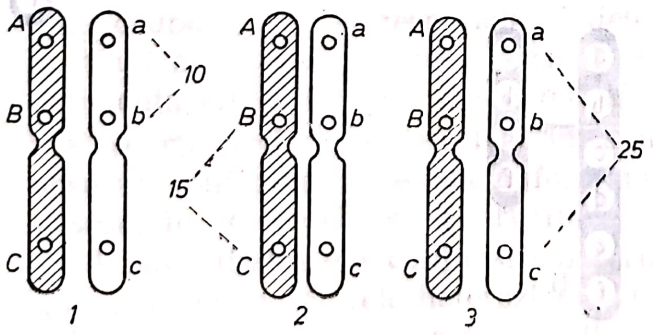


Fig. 67. Determinarea poziției genelor:
1, 2, 3 — cromozomii omologi și distanțele dintre gene.

Dintre animale a fost cartată specia *Mus musculus* (șoarecele), la care s-a stabilit poziția a peste 200 de gene. La om cercetările se află în plină desfășurare; au fost stabilite numai cîteva grupe de înlănțuire, din care mai bine studiată este grupa de linkage din cromozomii sexului.

Scanned with OKEN Scanner

14.5. Restructurări cromozomale

Restructurările cromozomale reprezintă o altă cauză de neconcordanţă cu legile lui Gr. Mendel. Restructurările pot fi provocate de factori naturali nefavorabili sau sub influenţa radiaţiilor şi a diferitelor substanţe chimice. Primele restructurări cromozomice produse de factori naturali au fost observate la *Drosophila melanogaster* şi apoi la alte specii de plante şi animale.

Restructurările au loc în timpul diviziunilor celulare şi de regulă constau în cele mai diferite fragmentări ale cromozomilor. În cazul cînd fragmentele de cromozomi se reataşează în acelaşi loc şi în aceeaşi poziţie fenomenul se numeşte *restituţie* şi nu este urmat de consecinţe genetice. Dacă în urma fragmentării porţiunile de cromozomi se pierd sau se realipesc într-o altă poziţie pe cromozomul de la care provin sau pe un alt cromozom consecinţele genetice sînt evidente prin apariţia de modificări morfologice sau calitative, iar în diviziunea mitotică şi în special în cea meiotică apar diferite aberaţii cromozomale, în funcţie de amploarea restructurării.

Principalele restructurări cromozomale sînt: translocaţia, inversia, duplicaţia, deficienţa şi deleţia, care apar destul de frecvent în natură şi au jucat un rol important în evoluţie, deoarece produc mutaţii prin schimbarea poziţiei unor gene şi prin mărirea sau micşorarea numărului de gene (fig. 68).

Translocaţia este fenomenul prin care în urma fragmentării unui cromozom se realizează transferul de fragmente pe cromozomi neomologi. Translocaţia poate fi: *terminală*, cînd porţiunea fragmentată se ataşează

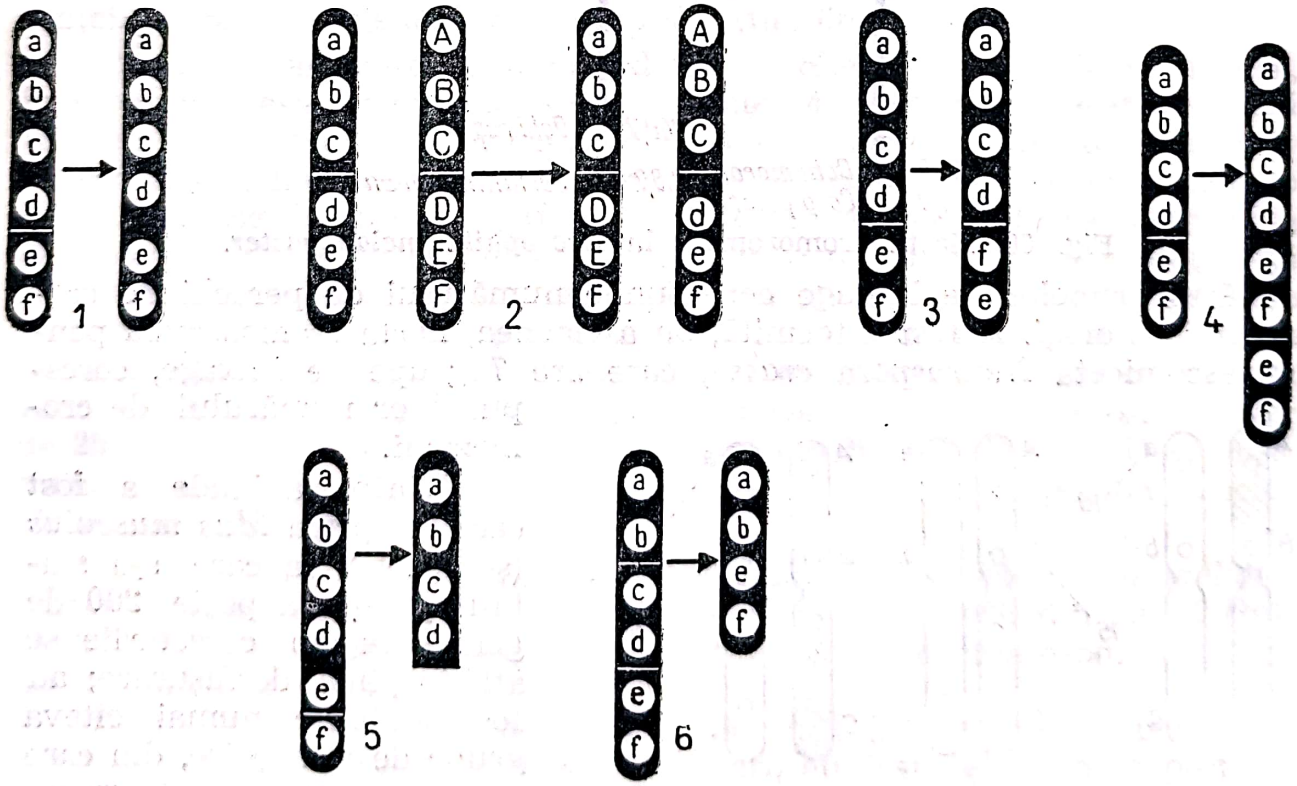


Fig. 68. Reprezentarea schematică a modificărilor cromozomale:
1 — fragmentaţie; *2* — translocaţie reciprocă; *3* — inversie; *4* — duplicaţie; *5* — deficienţă; *6* — deleţie; *A—F* şi *a—f* — gene.

Scanned with OKEN Scanner

la capătul unui cromozom neomolog; *intercalară,* cînd atașarea se realizează în interiorul unui cromozom neomolog și *reciprocă,* în cazul cînd doi cromozomi neomologi suferă cîte o fragmentare urmată de transferul reciproc al porțiunilor desprinse.

Translocațiile, cu excepția celei reciproce, pot fi identificate în mitoză după dimensiunile cromozomilor. În meioză, consecințele citologice sînt și mai evidente, deoarece apar configurații de conjugare caracteristice pentru fiecare categorie de translocație. În cazurile cînd translocațiile afectează gene de mare importanță pentru viața organismului, ele duc la formarea de gameți neviabili și deci la dispariția organismului.

Inversia este fenomenul de fragmentare a unui segment de cromozom și realipirea lui la același cromozom după o rotire de 180°. Inversia modifică poziția genelor și deci funcționarea lor duce la apariția de mutații. În mitoză inversia este greu de identificat, în schimb în meioză apar configurații specifice inversiei în timpul conjugării cu cromozomul omolog normal (fig. 69).

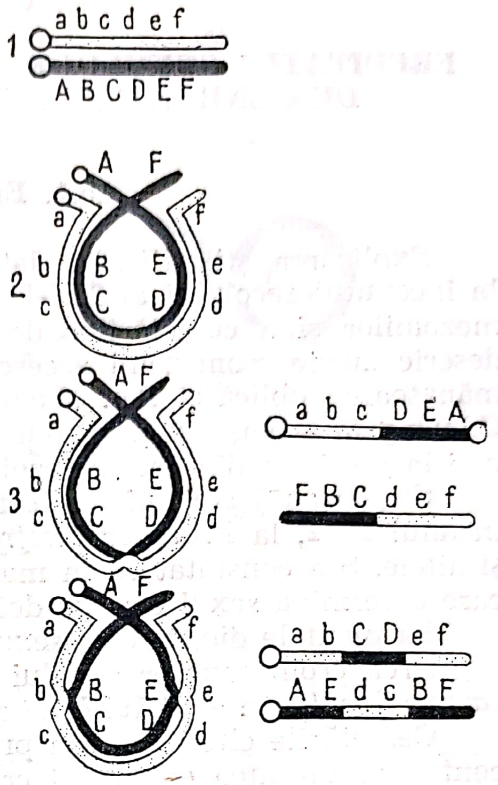


Fig. 69. Configurații cromozomale în meioză specifice restructurărilor de tipul inversiei:

1 — cromozom normal; *2* — cromozom cu inversie; *3* și *4* — configurații apărute în urma conjugării porțiunilor omologe, *A—F* și *a—f* — gene.

Duplicația constă în fragmentarea unei porțiuni de pe un cromozom și atașarea lui la un capăt al cromozomului omolog normal, care devine mai lung și se poate observa în mitoză. Cromozomul duplicat conține un grup de gene în dublu exemplar. Duplicația este un fenomen frecvent întîlnit care, spre deosebire de celelalte, nu are efect letal.

Deficiența este fenomenul contrar duplicației, constînd în pierderea sau inactivarea unei porțiuni dintr-un cromozom. Unii autori deosebesc două tipuri de deficiențe, *deficiența propriu-zisă,* cînd porțiunea eliminată ocupă o poziție terminală și *deleția,* care constă în pierderea unei porțiuni de cromozom din interiorul său. Atît cromozomii care au suferit deficiență cît și cei cu deleție pot fi observați în mitoză, deoarece sînt mai scurți decît omologii lor. În meioză la cromozomii cu deleție se observă configurația de buclă formată de cromozomul normal, care nu găsește în zona deleției o structură omologă și se răsfrînge, prin acesta dînd posibilitatea de conjugare pentru celelalte gene. Delețiile homozigote sînt letale, iar cele heterozigote slab viabile.

Teoria cromozomică a constituit o nouă etapă în dezvoltarea geneticii, făcînd posibil avîntul înregistrat de genetica modernă.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 15

EREDITATEA SEXULUI ŞI A CARACTERELOR DETERMINATE DE GENE LOCALIZATE ÎN CROMOZOMII SEXULUI

15.1. Ereditatea sexului

Explicarea ştiinţifică a determinării sexului a fost posibilă numai la începutul secolului al XX-lea, fiind condiţionată de descoperirea cromozomilor şi a cercetărilor de genetică. În anul 1891, H. Henking descrie „nişte cromozomi accesorii" la insecte. Observaţii citologice asemănătoare publică şi Th. Montgomery în anul 1901, iar C. E. McClung în acelaşi an presupune că aceşti cromozomi, ce se observă numai la jumătate din spermatozoizi, sînt „determinatorii sexului".

Cromozomii sexului au fost determinaţi apoi la *Locusta viridissima* în anul 1902, la *Protenor bleifragei* în 1905, la *Drosophila melanogaster* şi altele. S-a constatat că în majoritatea cazurilor numărul cromozomilor care determină sexul este de doi.

La plantele dioice, deşi sexul este distribuit pe indivizi separaţi, descoperirea cromozomilor sexului se face mai tîrziu, la muşchii *Sphaerocarpus donelli*, în anul 1917, de către A. P. Allen (fig. 70).

Cercetările citologice din primele decenii ale secolului al XX-lea, au confirmat unitatea existenţei cromozomilor sexului, atît la plante cît şi la animale. S-a stabilit că indivizii de sex masculin şi femenin se deosebesc citologic printr-o pereche de cromozomi; aceasta la un sex se compune din cromozomi identici ca formă şi mărime, iar la celălalt sex din cromozomi diferiţi atît ca formă, cît şi ca mărime. La unele specii, perechea de cromozomi deosebiţi ca formă şi mărime se află în celulele masculilor, la altele în celulele femelelor. Cromozomii respectivi au fost denumiţi *cromozomii sexului*. Cromozomii care se deosebesc ca formă şi mărime de ceilalţi au fost denumiţi *heterocromozomi*.

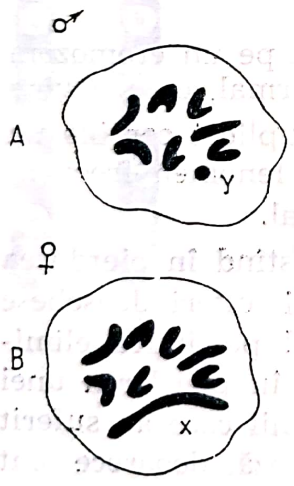


Fig. 70. Garnituri cromozomice la *Sphaerocarpus donnelli:*
A — garnitura plantei masculine cu $n=7$ cromozomi autozomi şi cromozomul sexului *Y* în formă de punct; *B* — plantă feminină $n=7$ şi cromozomul sexului *X*.

Cromozomii sexului identici ca formă şi mărime au fost notaţi cu litera *X(XX)*, iar cei ce diferă între ei au fost notaţi unul cu *X* şi celălalt cu *Y*. Cromozomul *X* este cu mult mai mare faţă de cromozomul *Y*. Cromozomul *X* din celula individului de sex masculin este identic cu cromozomul *X* din celulele individului de sex feminin.

La plantele dioice, în majoritatea cazurilor indivizii femeli au în celule cîte o pereche de cromozomi ai sexului identici (*XX*), iar în celulele indivizilor masculi o pereche de cromozomi diferiţi ca formă şi mărime (*XY*). Restul perechilor de cromozomi din cadrul celulei somatice se numesc *autozomi*.

Explicaţia genetică a determinării sexului. Sexul reprezintă o deosebire evidentă chiar şi atunci cînd celelalte însuşiri au homozigoţie perfectă. Dacă

Scanned with OKEN Scanner

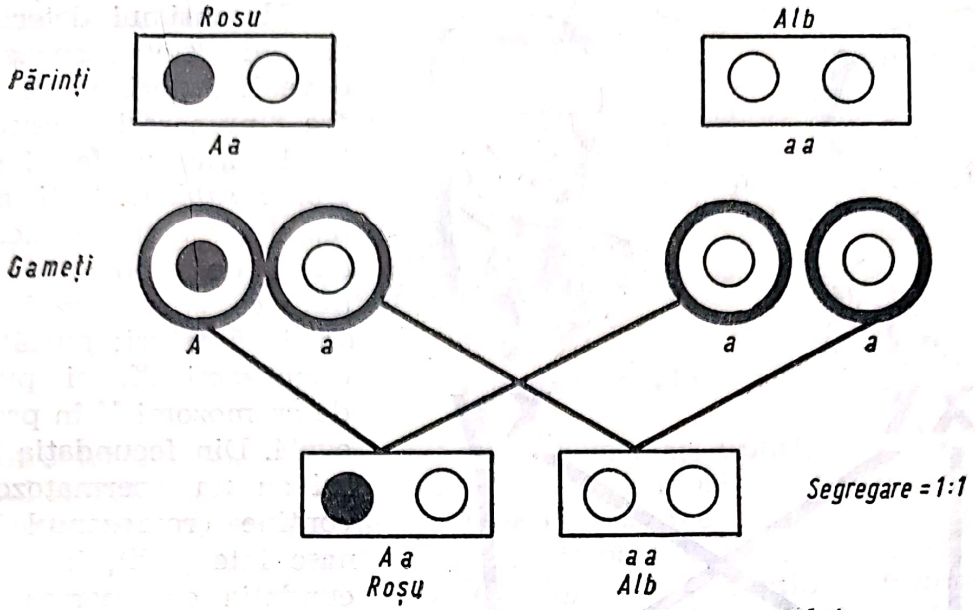


Fig. 71. Explicația genetică a determinării sexului.

unul din sexe ar fi dominant, iar celălalt recesiv ar trebui să se producă dominanța unuia dintre ele în prima generație și o segregare de 3 : 1 în generația a doua. Practica milenară arată că permanent, din generație în generație se realizează o segregare apropiată de raportul 1 : 1. O astfel de segregare corespunde cazurilor cînd în experiențele de monohibridare heterozigotul *Aa* se încrucișează cu unul din părinții homozigoți recesivi *aa* (fig. 71).

Considerînd că gena *A* condiționează culoarea roșie a florilor, iar gena *a* culoarea albă, aspectul părintelui heterozigot este floarea roșie *Aa*, iar al celui homozigot recesiv *aa* — alb. Între gameții formelor parentale pot avea loc numai două posibilități de combinare, *Aa* și *aa* rezultînd plante cu flori roșii și plante cu flori albe în proporție de 1 : 1. Această segregare corespunde mecanismului genetic de determinare a sexului, mecanism întrevăzut și de Gr. Mendel cu mult timp înainte de descoperirea cromozomilor sexului.

Stabilirea cromozomilor *XX* pentru un sex și *XY* pentru altul a constituit dovada citologică a mecanismului de determinare a sexului. Presupunerea că un sex este homozigot a devenit regulă, existența cromozomilor homogametici *XX* și a celor heterogametici *XY* fiind o realitate evidentă.

La om și la multe alte specii, sexul feminin este purtătorul cromozomilor *XX*, femelele avînd gameți de o singură categorie, *X*. La masculi procesul diviziunii reducționale separă cromozomul *X* de *Y*, gameții fiind purtători unii de cromozomi *X* alții de cromozomi *Y* în proporții egale 1 : 1.

La aceste categorii de viețuitoare, gameții femeli pot fi fecundați la întîmplare fie de gameți purtători ai cromozomului *X*, fie ai cromozomului *Y*. Dacă gametul femel *X* va fi fecundat de un gamet masculin în care este prezent cromozomul *X* se va forma un zigot de sex feminin *XX*. În cazul cînd fecundația se realizează de către un gamet purtător al cromozomului *Y*, zigotul format va fi de sex masculin *XY* (fig. 72).

Scanned with OKEN Scanner

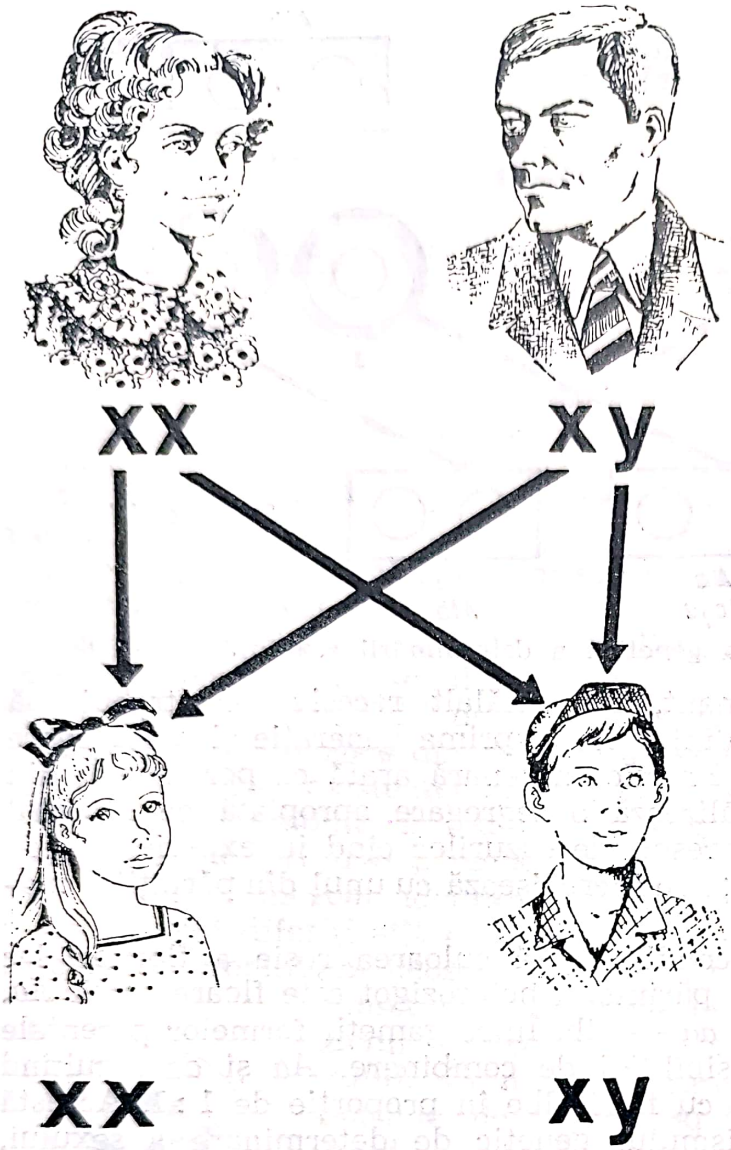


Fig. 72. Determinarea sexului la om.

Mecansimul determinării sexului este recunoscut și dovedit experimental de către numeroși cercetători, fiind caracteristic și speciei *Homo sapiens*. Toți gameții femelelor sînt identici, purtători de cromozomi *X*, în timp ce spermatozoizii sînt de două feluri: purtători de cromozomi *X*, și purtători de cromozomi *Y* în proporție egală. Din fecundația ovulului cu un spermatozoid ce conține cromozomul *X* se nasc fete (*XX*), iar din fecundația cu spermatozoidul purtător de cromozom *Y* se nasc băieți (*XY*).

Determinarea sexului prezintă o abatere numerică de la raportul de 3 : 1 stabilit de Gr. Mendel pentru perechile de factori ereditari care condiționează însușiri diferite. Mecanismul genetic asigură o proporție egală de indivizi masculi și femeli 100 : 100. Cu toate acestea, în realitate se înregistrează o mică majoritate numerică în favoarea femelelor. Acest fenomen se întîlnește deoarece zigoții masculi, de regulă, au o vitalitate și rezistență competitivă mai redusă, o rezistență mai slabă față de condițiile nefavorabile ale mediului, deși au un metabolism mai intens (tab. 6).

Un caz interesant de abatere de la raportul 1 : 1, datorită competiției dintre gameții masculi *X* și *Y* a fost descris de C. Correns în anul

Tabelul 6

Raportul sexelor dintre masculi și femele după naștere

Specia	Proporția în %	Specia	Proporția în %
Om	51 : 49	Iepuri	51 : 49
Cal	52 : 48	Cîini	56 : 44
Cornute mari	50—51 : 50—49	Șoareci	50 : 50
Ovine	49 : 50	Găini	49 : 51
Porcine	52 : 48	Porumbei	50 : 50

Scanned with OKEN Scanner

1921, la planta *Melandrium album*. La această plantă grăunciorii de polen cu cromozomul *X* germinează și dezvoltă tuburi polinice într-un ritm mult mai intens decît grăunciorii de polen cu cromozomul *Y*. Raportul dintre plantele mascule și cele femele este, de regulă, 31 : 69.

Determinarea sexului poate fi explicată fie prin mecanismul *XX*, pentru femele, *XY* pentru masculi, fie prin *XY* pentru femele și *XX* pentru masculi, în funcție de specie. Cercetările au arătat însă că la diferite grupe de animale și plante se întîlnesc o serie întreagă de particularități, ceea ce face ca acest mecanism să fie mult mai complicat.

15.2. Determinarea sexului

În determinarea sexului se disting două mari tipuri, tipul *Drosophila* și tipul *Abraxas*, fiecare incluzînd diferite subtipuri.

Determinarea sexului de tip Drosophila. Acest tip se caracterizează prin cromozomi homogametici *XX* la femele și heterogametici *XY* la masculi. Are două subtipuri: subtipul *Lygaeus* și subtipul *Protenor*.

Subtipul Lygaeus. Cuprinde cele mai numeroase grupe de viețuitoare, ca mamiferele, unii pești, majoritatea dipterelor, viermii, moluștele, arahnidele, crustaceii, batracienii și plantele dioice. Subtipul a primit denumirea de *Lygaeus* după insecta cu același nume, la care au fost descriși pentru prima dată cromozomii *XX* la femele și *XY*, la masculi. Subtipul fiind caracteristic determinării sexului la *om* și *Drosophila* se mai numește și determinism sexual specific drosofilei și omului. La om și mamifere orice abatere de la formația *XX* și *XY* provoacă grave anomalii și chiar moartea.

La *Drosophila*, în anul 1925, C. B r i d g e s a descoperit o femelă fertilă care, pe lîngă cromozomii autozomi, conținea *XXY*. Au fost descoperiți, de asemenea, masculi sterili fără cromozomul *Y*, deci cu „*X+0* (zero)". S-a ajuns astfel la concluzia că nu la toate viețuitoarele cromozomul *Y* condiționează determinarea sexului masculin, la *Drosophila* fiind răspunzător de fertilitatea masculilor.

Experiențele au fost conduse în așa fel încît din încrucișări au rezultat musculițe care să aibă cromozomii sexului în formațiile *XX; XY; XO; XXY; XXXX* și *XXX*, iar numărul de cromozomi autozomi a oscilat de la diploid $2A=2$ garnituri de autozomi pînă la $4A=$patru garnituri de autozomi.

În tabelul 7 se constată că la *Drosophila melanogaster* cromozomul *Y* nu este un factor obligatoriu pentru determinarea sexului, rolul hotărîtor revenind raportului dintre numărul de cromozomi *X* și numărul de garnituri de cromozomi autozomi, raportul *X/A*. Cromozomii *X* conțin gene care determină feminitatea, iar cromozomii *Y* — gene care determină fertilitatea masculilor.

Pentru determinarea sexului feminin, raportul *X/A* trebuie să fie egal cu 1, adică la un cromozom *X* să corespundă o garnitură haploidă de autozomi. Pentru sexul masculin, raportul *X/A* este de 0,5. Absența cromozomului *Y* afectează fertilitatea masculilor, iar adiția unui *Y* nu modifică fenotipul masculilor. În cazurile cînd raportul *X/A* este mai mare de 1 fenotipul este asemănător femelelor, dar sînt sterile. Aceste

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 7

Importanța raportului dintre numărul cromozomilor sexului și garniturile autozomice

Nr. crt.	Fenotipul musculițelor (Drosophylla melanogaster)	Formația cromozomică	Raportul X/A
1	Superfemelă	2 A + X X X	1,5
2	Femelă	2 A + X X	1,0
3	Femelă	2 A + X X Y	1,0
4	Femelă	3 A + X X X	1,0
5	Femelă	4 A + X X X X	2,0
6	Intersexuat	4 A + X X X	0,75
7	Intersexuat	3 A + X X	0,67
8	Intersexuat	3 A + X X Y	0,67
9	Mascul	2 A + X	0,5
10	Mascul	2 A + X Y	0,5
11	Mascul	2 A + X Y Y	0,5
12	Mascul	4 A + X X	0,5
13	Supermascul	3 A + X	0,33

particularități se explică prin existența unui mecanism genic care intervine în determinarea sexului.

Subtipul Protenor. La unele specii de insecte cromozomul Y de regulă lipsește. Indivizii cu cromozomii *XX* sînt de sex feminin, iar cei cu un cromozom *X* (*XO*) de sex masculin și fertili. Acest tip de determinism se numește *Protenor*, după denumirea insectei *Protenor bleifragei* la care a fost descris pentru prima dată. Mecanismul de determinare a sexului la această grupă este următorul. Femelele au în celule un set compus din 14 cromozomi, dintre care 12 autozomi și 2 cromozomi ai sexului *XX*. În celulele masculilor, setul cromozomic se compune din 13 cromozomi, 12 autozomi și un cromozom *X*. Gameții femeli întotdeauna se compun din 6 autozomi și un cromozom *X*, iar spermatozoizii sînt de două feluri: unii cu 6 autozomi, iar alții cu 6 autozomi, plus cromozomul sexului *X*. Din fecundația oosferei cu un spermatozoid ce conține numai 6 autozomi se dezvoltă un zigot de sex masculin *XO*, iar din fecundația cu

Scanned with OKEN Scanner

un spermatozoid ce conține 6 autozomi plus cromozomul *X* se dezvoltă un zigot de sex feminin.

Subtipul Protenor se întîlnește la majoritatea insectelor din ordinul *Orthoptera*, la ploșnițe, gîndaci, păianjeni, la miriapode, nematozi și la cîteva specii de fragi.

Cromatina sexuală. Diferența între sexe poate fi identificată și la nivel celular, fără a se stabili prezența cromozomilor *XX* sau *XY*. La om, de exemplu, într-un număr mare de nuclei se observă o mică formațiune lipită de membrană, care a fost denumită *cromatină sexuală*. Această cromatină se observă numai la femei și este considerată o expresie celulară a feminității. La bărbații cu *XY* cromatina sexuală se observă, iar la femeile cu *XXX* se întîlnesc doi corpusculi cromatinieni. Aceste observații au dus la concluzia că numărul formațiunilor cromatiniene este egal cu numărul cromozomilor *X* minus 1.

Determinarea sexului de tip Abraxas. Acest tip de determinare a sexului este caracteristic pentru păsări, fluturi și pești. Sexul feminin este heterogametic *XY*, iar cel masculin homogametic *XX*. Heterogameția se întîlnește și la molii, deosebirea constînd în aceea că la indivizii femeli heterogameția poate fi reprezentată și prin *XO* în loc de *XY*. Se constată astfel patru posibilități de determinare a sexului (tabelul 8).

Cel mai răspîndit este subtipul *Lygaeus XX—XY*, motiv pentru care este considerat ca cel mai vechi, deși marea lui răspîndire poate fi explicată și printr-o mai mare adaptabilitate.

Determinarea sexului la albine. La insectele din ordinul *Hymenopterae*, sexul se determină deosebit de tipurile descrise. Femelele din acest ordin sînt diploide, în timp ce masculii sînt haploizi. La masculi în meioză nu se mai produce reducția numerică a cromozomilor.

Masculii (trîntorii) se dezvoltă pe cale partenogenetică, adică din ouă nefecundate, iar femelele din cele fecundate. În urma împerecherii, care are loc între matcă și trîntori, sperma se depune într-un rezervor special unde se păstrează. Matca posedă însușirea deosebită de a depune ouăle în așa fel încît trecînd prin rezervorul cu spermă, unele se fecundează, iar altele rămîn nefecundate. Matca, fără greșală, depune ouăle nefecundate în celulele pregătite pentru trîntori, iar cele fecundate în

Tabelul 8

Tipuri și subtipuri de determinarea sexelor

Speciile	Sexul heterogametic	Gameți		Zigoți	
		spermatozoizii	oosfere	femele	masculi
Om, Drosophila etc.	masculul	X și Y	X și Y	XX	XY
Ploșnița (Protenor)	masculul	X și O	X și X	XX	XO
Păsări, fluturi etc.	femela	X și Y	X și Y	XY	XX
Molia	femela	X și X	X și O	XO	XX

Scanned with OKEN Scanner

alte celule, din care se dezvoltă albinele lucrătoare sterile și probabil o nouă matcă. Diferența între albinele lucrătoare sterile și matca fertilă se explică prin hrana diferențiată pe care acestea o primesc, cauza principală presupunîndu-se a fi lipsa unor vitamine.

Faptul că din ouăle haploide, nefecundate, se dezvoltă indivizi masculi, iar din cele fecundate indivizi femeli se explică tot prin heterogenitatea cromozomilor sexului, mecanismul rămînînd deocamdată neclarificat.

Anomalii în determinarea sexului. În determinarea sexului, de multe ori apar o serie de anomalii întîlnite sub denumirea de *ginandromorfism, intersexualitate* și altele.

Ginandromorfismul. În diviziunea reducțională a cromozomilor sexului pot apare anomalii care duc la modificarea însușirilor de sex, o parte din corp poartă însușirile masculului, iar cealaltă pe cele ale femelei. În alte situații, ginandromorfismul se manifestă printr-un mozaic de țesuturi femele și mascule.

Analizele citologice arată că partea corpului cu însușiri de femelă poartă setul de cromozomi autozomi și cromozomii *XX*, în timp ce partea cu însușiri de mascul poartă cromozomii autozomi și un singur cromozom *X*. Al doilea cromozom *X* se pierde în prima diviziune mitotică a zigotului, datorită unei deplasări lente spre pol. Fenomenul se întîlnește mai frecvent la insecte și a fost bine studiat la *Drosophila melanogaster*.

Intersexualitatea. Dezechilibrul dintre factorii femininizanți și masculinizanți în cadrul raportului *X/A* poate duce la apariția unor forme intermediare între cele două sexe. Intersexe pot apare și în urma fragmentării cromozomului *Y* sub acțiunea radiațiilor și unirea fragmentului desprins la un *X*. Mai frecvent, intersexele apar în urma derangării echilibrului dintre genele cromozomului *X* cu efect feminizant și genele autozomilor cu efect masculinizant. O altă cauză a apariției intersexelor poate fi dominanța și epistazia unor factori ereditari față de alții.

Determinarea sexelor la plante. Identificarea cromozomilor sexului la *Sphaerocarpus donelii* de către C. Allen în 1917 a stimulat interesul față de cercetarea determinării sexului și la plante. Numărul speciilor dioice la care au fost descrișii cromozomii sexului este peste 50, iar la 26 specii dioice, deși diferențele de sex sînt evidente, cromozomii sexului nu au putut fi identificați.

Tipul determinării sexului la plante este cel caracteristic omului și *Drosophilei*. Plantele mascule conțin cromozomii *XY*, iar cele femele *XX*.

Determinarea sexului la plantele dioice printr-un mecanism genetic identic cu al majorității animalelor constituie o dovadă grăitoare a unității lumii vii.

Schimbarea raportului dintre sexe sub influența mediului. La unele plante și animale, în special la cele inferioare, condițiile de mediu, alături de mecanismul cromozomic, pot influența determinarea sexului.

La *Arisaema japonica*, din tuberculii mari și bogați în substanțe nutritive se dezvoltă plante de sex feminin, iar din tuberculii slab dezvoltați — plante de sex masculin.

Scanned with OKEN Scanner

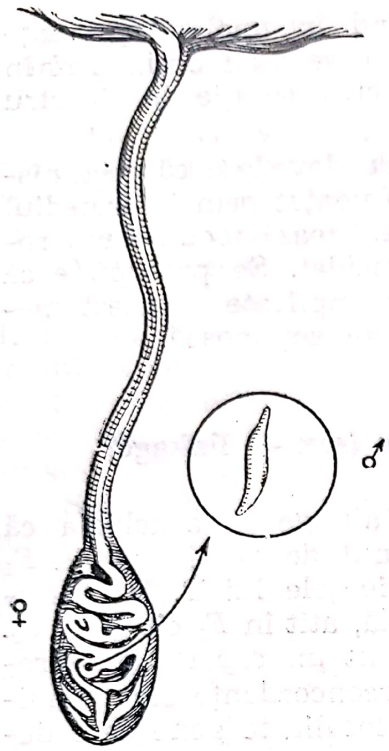


Fig. 73. Femelă și mascul de *Bonellia viridis;* masculul mult mărit.

La animale acest fenomen este mai frecvent. Un exemplu important îl prezintă viermele de mare *Bonellia viridis.* Mărimea femelelor este cea a unei prune, acestea avînd o trompă de circa 10 cm. Masculii sînt mult mai reduși, avînd cîțiva milimetri, și trăiesc în interiorul femelei, rolul lor fiind de a fecunda ouăle. Din ouăle fecundate se dezvoltă larva care, după ce plutește o perioadă, se prinde de femela matură. Determinarea sexului depinde de locul unde se atașează larva. În cazul cînd amplasarea are loc în partea inferioară, se dezvoltă un organism femel, iar în cazul cînd locul de atașare va fi partea superioară a trompei se va dezvolta un mascul, care treptat se introduce în interiorul femelei, ducînd o viață parazitară în tractul ei genital (fig. 73).

La animalele inferioare se mai cunosc și alte particularități în determinarea sexului.

În natură se întîlnește și *fenomenul de redeterminare a sexului.* Ca exemplu pot servi o serie de specii de arbori, care după mai mulți ani de vegetație își schimbă sexul. La stejar și arborele de gutapercă, în primii 8—10 ani predomină inflorescențele mascule, iar pe măsură ce înaintează în vîrstă apare însușirea de a forma inflorescențe femele. Un fenomen contrariu se observă la pin, care în primii 7—25 ani formează inflorescențe femele, iar după 25 ani—30 ani inflorescențe mascule.

Importanța practică a cunoașterii mecanismului de determinare a sexului. Pentru sporirea producției de castraveți, pepeni galbeni, pepeni verzi, dovleci și altele, un interes economic deosebit prezintă modificarea raportului între indivizi sau inflorescențe în favoarea celor femele.

Cercetările au stabilit că lumina, căldura, substanțele nutritive, umiditatea aerului, a solului, precum și diferite substanțe chimice pot duce la modificarea raportului între indivizi sau inflorescențe de sexe diferite.

În anul 1928, C. Correns a observat că polenizarea florilor femele de opaiț *(Melandrium)* și de măcriș *(Rumex)* cu cantități mici de polen mărește procentul de indivizi masculi. O frecvență mare de plante mascule s-a obținut prin tratarea polenului cu alcool sau prin uscare înainte de polenizare.

La *Asparagus,* numărul indivizilor masculi s-a mărit în urma tratării polenului cu uleiuri eterice extrase din polen propriu.

La castraveți, numărul de flori femele a crescut prin tratarea plantelor cu oxid de carbon și etilenă, care se găsesc în fumul provenit din

Scanned with OKEN Scanner

arderea cărbunilor, gazarea răsadurilor asigurînd în unele experienţe creşterea producţiei cu 25%. Rezultate asemănătoare s-au obţinut şi în urma umectării seminţelor înainte de semănat cu o soluţie de albastru de metil.

Mai pot fi enumerate şi alte experienţe care dovedesc că mecanismul genetic de determinare a sexului poate fi influenţat prin intermediul condiţiilor de mediu. Mecanismul prin care se realizează modificarea raportului dintre sexe nu este încă pe deplin elucidat. Se presupune că sensibilitatea cromozomilor *X* şi *Y* şi a genelor implicate în acest mecanism este diferită faţă de substanţele cu care se acţionează.

15.3. Ereditatea caracterelor legate de sex (sex — linkage)

Luînd cunoştinţă de legile mendeliene se ajunge la concluzia că formula încrucişării nu poate influenţa fenomenul de dominanţă în F_1 şi raportul de segregare de 3:1 în F_2. În experienţele lui T. H. Morgan s-au înregistrat excepţii de la această regulă, atît în F_1 cît şi în F_2. Pentru unele însuşiri T. H. Morgan a stabilit un raport de segregare de 1:1 în F_1. El a demonstrat că aceste neconcordanţe sînt condiţionate de faptul că în cromozomii sexului sînt localizate gene care determină o serie de însuşiri.

La *Drosophila melanogaster* un astfel de exemplu îl oferă culoarea ochilor, care este condiţionată de gene localizate în cromozomii *X*. La forma sălbatică culoarea ochilor este roşie, dominantă. În anul 1909, T. H. Morgan a obţinut mutante cu ochi albi ai căror masculi au fost folosiţi la încrucişarea cu femele de tip sălbatic. În prima generaţie, toate musculiţele, indiferent de sex, au avut ochi roşii, respectîndu-se legile mendeliene. În generaţia a doua s-a obţinut o segregare de 3 : 1, dar această segregare atrăgea atenţia prin faptul că toate femelele aveau ochi roşii, o jumătate din numărul masculilor ochi roşii, iar a doua jumătate ochi albi. Segregarea corespunde numeric cu legile lui Gr. Mendel, dar se punea întrebarea de ce nici o femelă nu avea ochi albi?

Genele recesive care determină culoarea albă a ochilor se notează cu *w* (de la cuvîntul white), iar cele pentru culoarea roşie, dominante, cu w^+. Cromozomul *Y*, atît în cazul tipului *Drosophila* cît şi al tipului *Abraxas*, nu conţine gene pentru culoarea ochilor, acestea fiind localizate numai pe cromozomul *X*. T. H. Morgan a stabilit că în cazurile cînd gena recesivă este prezentă numai într-un singur cromozom, în al doilea lipsind atît gena recesivă cît şi cea dominantă, caracterul recesiv se manifestă normal. Condiţionarea însuşirii de o singură genă recesivă se numeşte *hemizigoţie*.

Datorită genelor hemizigote, masculii de *Drosophila* pot avea ochi albi condiţionaţi de o singură genă *w*. La femele, ochii albi apar numai în stare homozigotă recesivă.

În încrucişarea dintre o musculiţă cu ochi albi $w\,w$ cu un mascul cu ochi roşii ww^+ se obţine în F_1 o segregare de 1 : 1, toate femelele avînd

Scanned with OKEN Scanner

ochi roşii, ca la tată, iar masculii ochi albi, ca la mamă. Se observă o transmitere a caracterelor în cruce, de la mamă la fii şi de la tată la fiice.

Din încrucişarea indivizilor F_1 între ei a rezultat generaţia F_2 compusă din patru categorii de musculiţe, numeric egale: femele cu ochi albi, femele cu ochi roşii, masculi cu ochi albi, masculi cu ochi roşii în raport de 1:1:1:1.

Atît segregarea de 1:1 din prima generaţie cît şi cea de 1:1:1:1 din generaţia a doua reprezintă o nouă *excepţie de la legile lui Mendel.* T. H. Morgan a demonstrat că această excepţie este condiţionată de faptul că gena w este localizată pe cromozomii X şi de starea de hemizigoţie care asigură manifestarea caracterului în prezenţa unei singure gene. Pentru genele localizate în cromozomii sexului legile lui Mendel nu sînt valabile.

Sex — linkage de tipul Drosophila. Transmiterea caracterelor înlănţuite în cromozomii sexului prezintă o abatere de la legile lui Gr. Mendel, atît la tipul *Drosophila* cît şi la tipul *Abraxas.* Se pot întîlni două situaţii:

— *încrucişarea dintre femele homozigote dominante cu masculi recesivi* (ochi roşii×ochi albi); avînd în vedere amplasarea genelor în cromozomii sexului X, constituţia genetică a formelor încrucişate este $w^+ w^+$ pentru femele şi w, pentru masculi (fig. 74).

Indivizii din F_1 provin din combinarea gametului femel purtător al cromozomului X, în care este localizată gena dominantă w^+ cu gameţi masculi care conţin unii gena recesivă w pe cromozomul X, iar alţii cromozomul Y, lipsite de gena culorii ochilor. Toţi indivizii din F_1, indiferent de sex, au ochi de culoare roşie, datorită genei w^+ provenită de la mamă. Prima generaţie respectă regulile mendeliene.

În F_2, culoarea ochilor segregă în 3:1, dar ochi albi se întîlnesc numai la masculi. Urmărind repartizarea genelor şi a cromozomilor se constată că din combinarea gameţilor F_1 nu a fost posibilă formarea unui zigot în care ambii cromozomi X să fie purtători ai genei recesive w. Apariţia de femele cu ochi albi va fi posibilă în F_3 în urma combinării gameţilor purtători de Xw de la femelele din poziţia 2 cu gameţi de acelaşi fel de la masculii din poziţia 4.

— *inversarea formulei de încrucişare* (femelele recesive cu ochi albi ww×masculi cu ochi roşii) duce la segregarea de 1:1 în prima generaţie, transmiterea caracterelor avînd loc în cruce de la mamă la fii şi de la tată la fiice (fig. 75).

Datele obţinute în încrucişările descrise de T. H. Morgan corespund cu totul comportării cromozomilor sexului în meioză şi calculelor privind combinaţiile posibile ce se pot realiza în fecundaţie.

S-a stabilit că la *Drosophila melanogaster* înlănţuite în cromozomii sexului se transmit peste 600 de diferite caractere, dovedite prin forme mutante. Toate acestea au constituit un sprijin de mare valoare în afirmarea teoriei cromozomice a eredităţii în general şi a celei privitor la determinarea sexului, în special.

Sex — linkajul a fost verificat printr-o serie de noi experienţe, dintre care menţionăm cazul deosebit al unei încrucişări. Femela de *Drosophila melanogaster* avea în cromozomii sexului XX două perechi

Scanned with OKEN Scanner

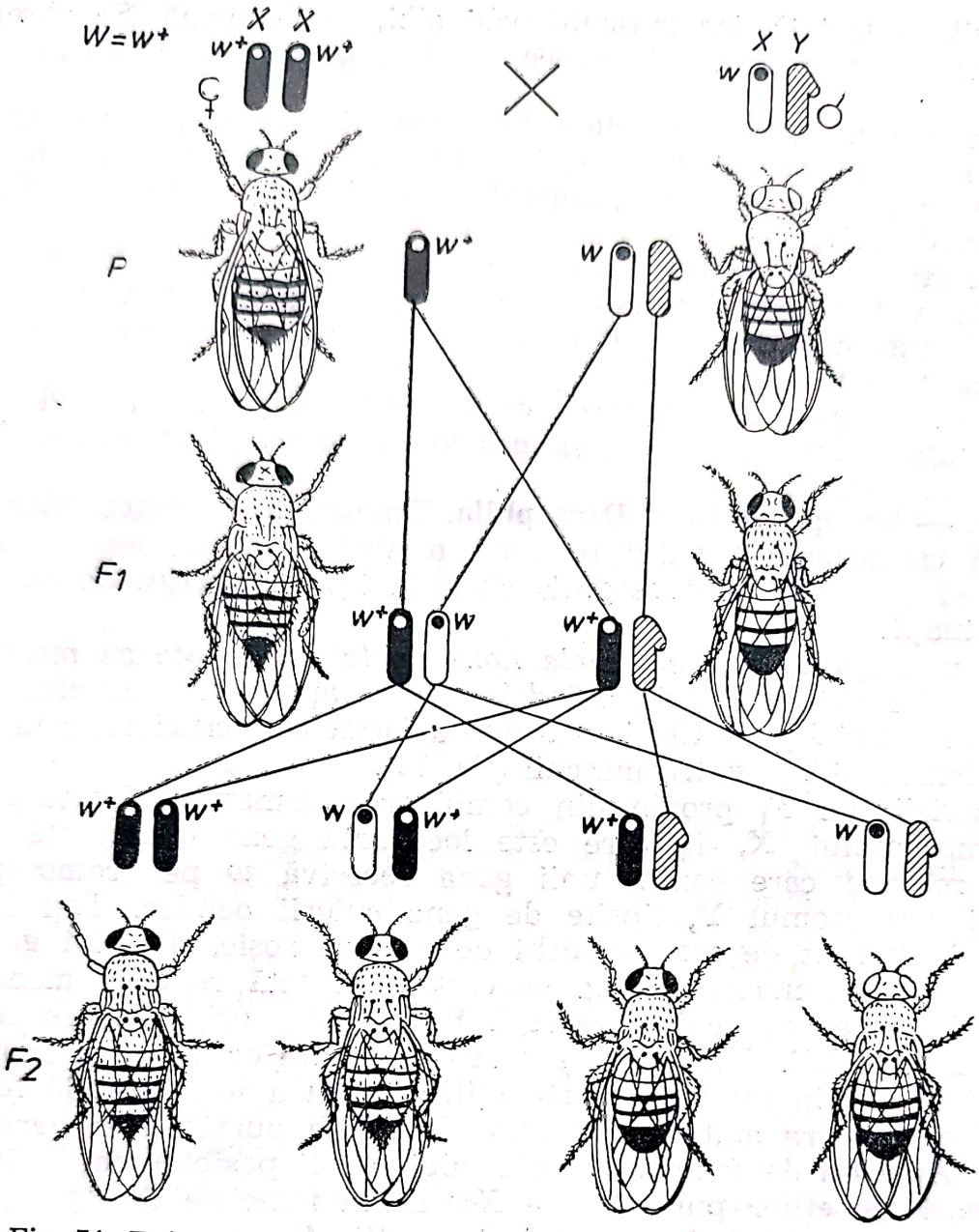


Fig. 74. Determinarea culorii ochilor, la *Drosophila melanogaster*, de către gene localizate în cromozomii sexului XX:
(w^+ — ochi roșii, genă dominantă; w — ochi albi, genă recesivă) femelă homozigotă dominantă.

de gene heterozigote: într-un cromozom X gena dominantă B (Bar), ochi înguști și gena letalității l, recesivă, în al doilea cromozom X erau prezente gena sălbatică r, pentru ochi normali, rotunzi, recesivi și l^+ pentru viabilitate, dominantă. Masculul purta în unicul său cromozom X factorul recesiv r (ochi rotunzi) și l^+ (gena viabilității).

O astfel de încrucișare trebuia să ducă la o segregare de 1:1 după sex și de 1:1:1:1, după sex și caractere, adică să apară 25% $\frac{B\ l}{r\ l^+}$ (femele cu ochi înguști); 25% $\frac{r\ l^+}{r\ l^+}$ (femele cu ochi normali); 25% $\frac{r\ l^+}{Y}$ (masculi cu ochi normali) și 25% $\frac{B\ l}{Y}$ (masculi cu ochi înguști).

Scanned with OKEN Scanner

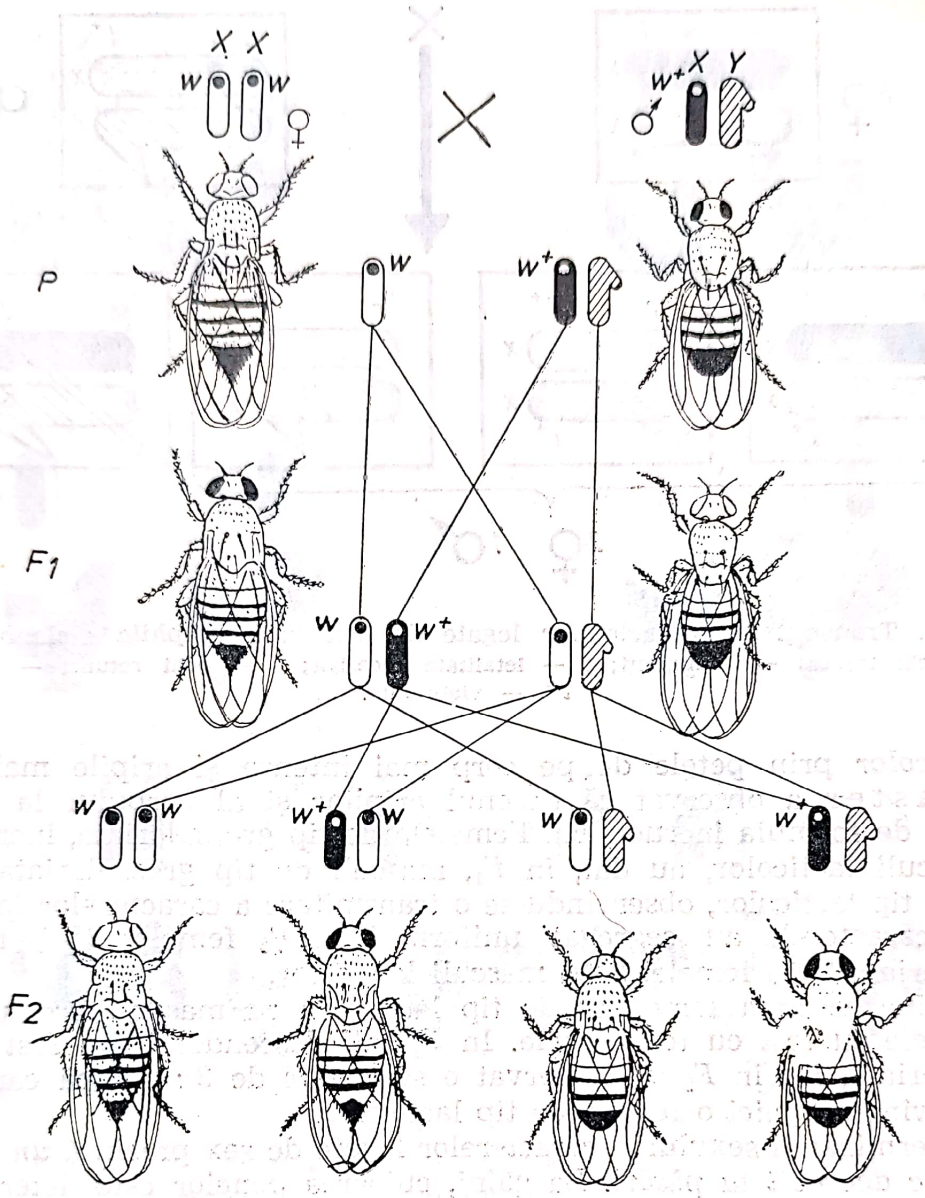


Fig. 75. Determinarea culorii ochilor, la *Drosophila melanogaster*, de către gene localizate în cromozomii sexului *X X*:
w + — ochi roşii, genă dominantă; *w* — ochi albi, genă recesivă, femelă homozigotă recesivă.

În realitate s-a obţinut o segregare de 2:1 în favoarea femelelor şi de 2 : 1 în favoarea ochilor normali. Masculi cu ochi înguşti nu au fost înregistraţi. Dacă urmărim figura 76 constatăm că masculii cu ochi *Bar* înguşti puteau să apară din combinarea gametului femel purtător de cromozom *X* cu genele *B l*, cu un gamet mascul purtător al cromozomului Y lipsit de gene. În acest caz, din cauza letalităţii genei *l* zigotul şi-a încetat dezvoltarea încă din stadiul de larvă.

Sex — linkage la tipul Abraxas. Primul caz de *sex-linkage* la tipul Abraxas a fost semnalat în anul 1906 de Doncaster şi Raynor, care au efectuat încrucişări între *Abraxas grossulariata* şi mutanta *Abraxas lacticolor*. *Abraxas grossulariata* diferă de mutanta recesivă

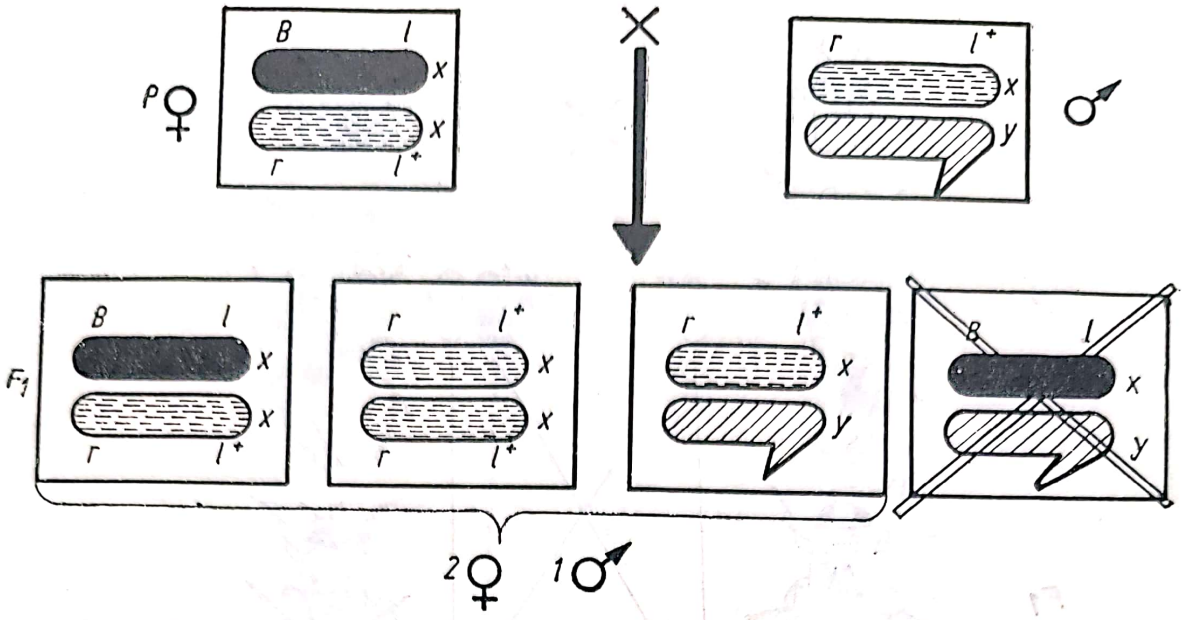


Fig. 76. Transmiterea caracterelor legate de sex la *Drosophila melanogaster*: B — ochi înguşti — dominanţi; *l* — letalitate recesivă; *r* — ochi rotunzi — recesiv; l^+ — viabilitate.

A. lacticolor prin petele de pe corp mai intense şi aripile mai mari. Doncaster a observat că desenul aripilor şi al corpului la urmaşi depinde de formula încrucişării. Femelele de tip grossulariata, încrucişate cu masculi lacticolor, au dat, în F_1, masculi de tip grossulariata şi femele de tip lacticolor, observîndu-se o transmitere a caracterelor în cruce. În F_2, caracterele au segregat uniform în 25% femele, 25% masculi grossulariata 25% femele, 25% masculi lacticolor.

În încrucişarea femelelor de tip lacticolor cu masculi grossulariata rezultatele au fost cu totul altele. În F_1 toţi descendenţii au fost de tip grossulariata, iar în F_2 s-a observat o segregare de 3 : 1 după caractere, neobservîndu-se nici o femelă de tip lacticolor.

Determinarea sexului şi caracterelor legate de sex prezintă *un interes economic deosebit la păsări.* La găini, culoarea penelor este determinată de gene localizate în cromozomii sexului *X*. Culoarea tigrată (porumbacă) este dominantă şi se notează cu *B*, iar culorile negre, roşii, albe etc. sînt recesive şi se notează cu *b*.

Femele tigrate × masculi negri. Dacă se încrucişează o femelă tigrată din rasa *Plymouth Rock (XY)* ce are gena dominantă *B* localizată în cromozomul *X*, cu un mascul *XX* de culoare neagră (recesiv homozigot) şi genele *bb* din rasa *Langshan* sau *Australop*, în F_1 se obţin masculi de culoare tigrată şi femele de culoare neagră, avînd loc o ereditate în cruce. Din încrucişarea indivizilor din F_1 se obţin în F_2 următoarele categorii: 1/4 din totalul indivizilor vor fi femele tigrate; 1/4 femele de culoare neagră; 1/4 masculi tigraţi şi 1/4 masculi negri (fig. 77).

Prin folosirea în încrucişare a unei femele de culoare neagră cu un mascul de culoare tigrată în F_1 are loc dominanţa uniformă a penajului tigrat indiferent de sex, iar în F_2 se obţine o segregare de 3:1 în favoarea indivizilor cu penaj tigrat, dar nu apare nici un mascul de culoare neagră. Apariţia de masculi cu pene negre este posibilă numai în-

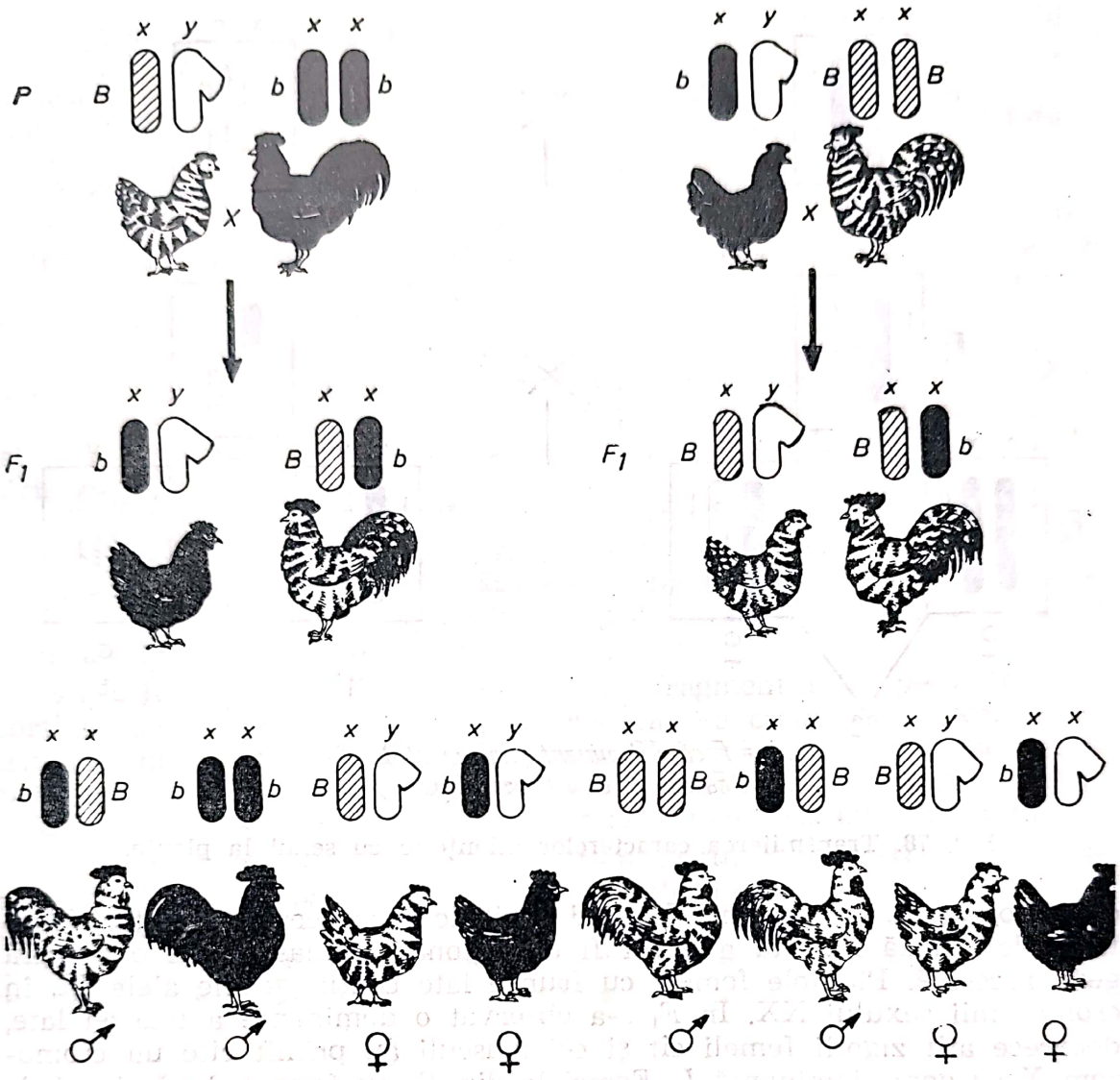


Fig. 77. Transmiterea caracterelor înlănțuite cu sexul la păsări:
Stînga — mascul homogametic, homozigot recesiv, culoare neagră; *Dreapta* — mascul homozigot dominant; *B* — culoarea tigrată a penajului — dominant; *b* — culoarea neagră — recesivă.

cepînd din F_2, în urma combinării unui gamet femel, purtător al cromozomului *X*, în care este localizată gena recesivă *b*, cu un gamet de același fel, provenit de la masculul heterozigot.

Ereditatea legată de sex la plante. Primul caz de caractere înlănțuite cu cromozomii sexului a fost descris de E. B a u r în 1912 la *Melandrium album*, la care a găsit o plantă masculă ce avea frunze mult mai înguste decît plantele obișnuite. În urma încrucișării cu o plantă femelă cu frunze late s-a obținut generația F_1 cu frunze late, indiferent de sex. În F_2 s-a înregistrat o segregare de 32 plante femele cu frunze late, 11 plante mascule cu frunze late și 6 plante mascule cu frunze înguste (fig. 78).

Rezultatele au fost interpretate astfel: caracterul de frunză îngustă este condiționat de o genă recesivă mutantă *l* homozigotă, localizată în

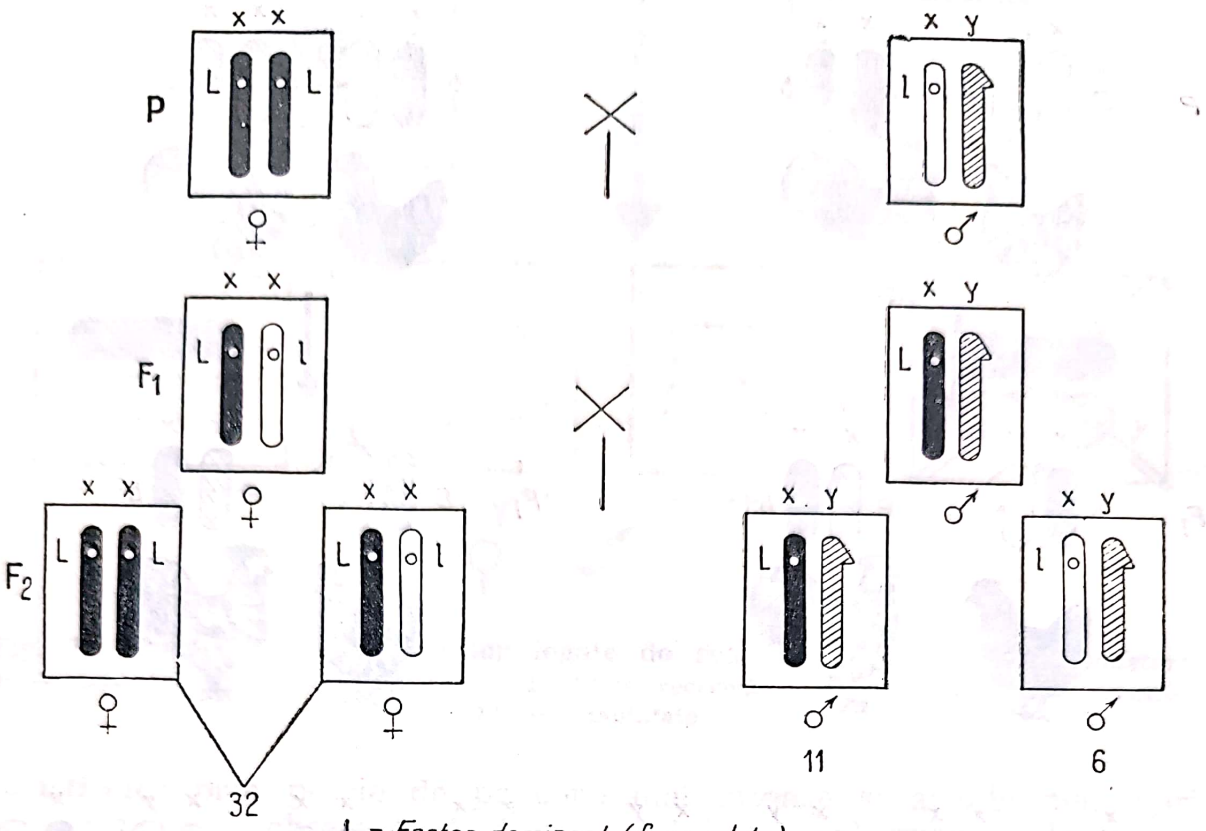


Fig. 78. Transmiterea caracterelor înlănțuite cu sexul la plante.

cromozomul *X*. Cromozomul *Y* fiind lipsit de gena acestui caracter, fenotipul de frunză îngustă a putut fi condiționat la masculi de o singură genă recesivă. Plantele femele cu frunze late conțin genele alele *LL* în cromozomii sexului XX. În F_1 s-a observat o dominanță a frunzei late, deoarece atît zigoții femeli cît și cei masculi au primit cîte un cromozom *X* cu gena dominantă *L*. Femelele din F_1 au format două tipuri de gameți *X(L)* și *X(l)*, iar masculii *X(L)* și *Y*. Din combinarea gameților se obțin patru categorii de genotipuri: femele cu frunze late homozigote *X(L)X(L)*: femele cu frunze late heterozigote*X(L)X(l)*; masculi cu frunze late *X(L)Y* și masculi cu frunze înguste *X(l)Y*.

Ereditatea legată de sex la om. Cercetările întreprinse în ultimele decenii au arătat că multe însușiri la om sînt condiționate de gene localizate în cromozomii sexului, respectîndu-se întocmai mecanismul stabilit la *Drosophila melanogaster* și *Melandrium album*. S-a stabilit că pe cromozomul *X* sînt localizate 58 de însușiri.

De asemenea, pentru cromozomii *X* și *Y* s-a constatat că există porțiuni omologe între care are loc schimb de gene. Întrucît multe dintre genele înlănțuite cu cromozomii sexului condiționează diferite anomalii ereditare, ele vor fi prezentate într-un capitol viitor.

Importanța practică a cunoașterii eredității legate de sex. Descoperirea însușirilor care sînt determinate de gene localizate în cromozomii sexului a sugerat ideea utilizării unor caractere în calitate de markeri ge-

netici* pentru identificarea sexului la urmaşi în vîrstă de o zi sau chiar în stadiul de ou, la insecte şi păsări. O astfel de identificare permite separarea masculilor de femele pe baza culorii penajului la păsări şi a ouălor la insecte, cu mult timp înainte de diferenţiererea fenotipică a sexului.

Indivizilor, separaţi după astfel de criterii, li se asigură condiţii diferenţiate de creştere, în funcţie de destinaţie. La păsări masculii pot fi trecuţi imediat în condiţii de îngrăşare. Pentru separarea puilor de găină după sex se practică încrucişarea de femele dominante pentru culoarea penajului cu masculi recesivi în stare homozigotă. Prima generaţie va fi constituită de masculi de culoare dominantă şi femele de culoare recesivă. De obicei se încrucişează femele tigrate din rasa *Plymouth Rock* cu masculi din alte rase. După ieşirea puilor din ou, femelele sînt reţinute pentru producţia de ouă, masculii fiind destinaţi îngrăşării pentru carne.

La viermele de mătase *(Bombyx mori),* din gogoşile masculilor se obţine cu 20—30% mai multă mătase decît din cele ale femelelor. Sînt cunoscute rase de viermi de mătase care fac ouă de culoare închisă şi rase cu ouă de culoare deschisă, însuşirea fiind condiţionată de gene localizate în cromozomii autozomi.

În U.R.S.S. şi Japonia s-a reuşit ca fragmentul de pe autozomul purtător de culoare închisă să fie transferat pe cromozomul sexului *Y,* prin intermediul iradierilor. Cromozomul *Y* la viermii de mătase determină sexul feminin, femelele fiind heterogametice *XY.* S-a creat astfel o linie la care culoarea închisă a ouălor este înlănţuită cu sexul feminin.

În urma încrucişării femelei (cu cromozomul *Y* marcat) cu un mascul de altă rasă se obţin ouă de două nuanţe, închisă şi deschisă. Ouăle sînt supuse sortării cu ajutorul unei maşini pe bază de fotoelement, reţinîndu-se pentru producţie numai cele de culoare deschisă, din care se dezvoltă coconi de mare productivitate.

CAPITOLUL 16

ALELISMUL MULTIPLU ŞI INTERACŢIUNEA GENELOR

16.1. Alelismul multiplu

Pînă nu de mult se considera că însuşirile organismelor sînt condiţionate de gene, care pot fi în stare homozigotă, fie dominantă fie recesivă, sau în stare heterozigotă. Genele care determină o însuşire oarecare, ocupînd aceeaşi poziţie în cromozomii omologi, au fost denumite

* Prin *markeri genetici* înţelegem o genă cu efect fenotipic evident, a căror poziţie pe cromozom este bine cunoscută. Prezenţa markerilor într-un organism se recunoaşte cu uşurinţă după însuşirea pe care o manifestă în fenotip.

Scanned with OKEN Scanner

alele. Prin alelă se înțelege astfel o genă dintr-o pereche de gene alternative, care ocupă aceeași poziție pe cromozomul omolog, dar condiționează expresii fenotipice diferite ale aceleiași însușiri.

Noțiunea de alelă nu face altceva decît să sublinieze calitatea diferită pe care o pot avea genele dintr-o pereche.

Teoria cromozomică a eredității aprofundînd cunoștințele despre genă subliniază evoluția ei istorică. Inițial gena unui caracter a fost de același fel, dominantă sau recesivă, dar cu timpul aceste gene s-au modificat condiționînd aspecte diferite ale aceluiași caracter. Gena inițială a fost denumită și genă de tip sălbatic. În anul 1910 T. H. Morgan a ajuns la concluzia că genele se pot modifica dintr-o stare în alta. Prin aceasta se explică de ce mazărea poate avea bob galben, bob verde, bob neted, bob zbîrcit. Desigur mutațiile la mazăre avuseseră loc cu mult înainte.

Pentru culoarea ochilor la *Drosophila melanogaster* au fost determinate peste 16 mutații, pornindu-se de la gena sălbatică (ochi roșii) pînă la gena ochilor albi.

Genele care ocupă aceeași poziție în perechea de cromozomi omologi, afectează aceeași însușire, dar condiționează aspecte diferite se numesc *alele multiple,* iar fenomenul — *alelism multiplu.*

Alelismul multiplu este un fenomen frecvent și caracteristic multor specii. Modificarea unei gene în alta se poate realiza din stare dominantă spre stare recesivă, din recesivă spre dominantă sau se obțin serii de alele multiple atît dominante cît și recesive. Gena A se poate modifica în A_1, A_2, $A_3 \ldots A_n$ sau a în a_1, a_2, $a_3 \ldots a_n$. O genă din seria multiplă poate fi dominantă față de una și recesivă față de alta. Gena A_2 poate fi recesivă față de A_1 și A, dar dominantă față de A_3, A_5, A_n. La fel gena a_1 este recesivă față de toate alelele A, recesivă față de a, dar dominantă față de a_2, $a_3 \ldots a_n$.

Alelismul multiplu este foarte frecvent la animale, în special la animalele pentru blană. Grupele sanguine la om, stabilite încă din anul 1900 de către K. Landsteiner, sînt condiționate de diferite combinații de alele multiple. La plante alelismul multiplu a fost studiat în amănunt la gura leului *(Antirrhium majus)* de către E. Baur care a stabilit 9 alele multiple privitor la culoarea florilor, provenite prin mutații din genele sălbatice. Emerson a publicat în 1921 existența a 3 alele care condiționează pigmentarea roșie în diferite părți ale plantei de porumb. Tommes a pus în evidență 3 alele multiple la in *(Linum usitatissimum),* dintre care una condiționează florile albastre, a doua florile de culoarea liliacului și a treia florile albastru deschis.

Fenomenul de alelism multiplu are un rol deosebit de mare pentru teoria evoluției. Apariția de noi alele explică una din căile pe care s-a diversificat gradul de variabilitate al viețuitoarelor. Practic, prin noile calități pe care le conferă organismului, alelismul multiplu a pus la dispoziția omului forme cu noi însușiri, dintre care el a ales pe acelea care i-au satisfăcut mai bine cerințele.

În anul 1764, Kölreuter a observat că unele plante de tutun nu pot fi fecundate cu polen propriu, ci numai cu polen de la anumite plante, deși conformația morfologică a florii și ajungerea la maturitate a gameților masculi și femeli nu puneau probleme din acest punct de

Scanned with OKEN Scanner

vedere. Fenomenul a fost numit *autosterilitate* și s-a constatat că se întîlnește la multe dintre plantele superioare din care mai frecvent la tutun, sfeclă, trifoi, lucernă, secară, precum și la măr, prun și cireș etc.

Descoperirea alelismului multiplu a facilitat explicarea științifică a acestui fenomen de preferință, în fecundație, față de o anumită categorie de polen.

E. N. East în primul deceniu al secolului al XX-lea a studiat fenomenul și a stabilit cauzele genetice ale *autoincompatibilității* în fecundație. S-a constatat că autosterilitatea este condiționată de o serie de gene alele multiple. Pentru ca fecundația să se producă este nevoie ca polenul să nu conțină gene identice cu cele din țesutul acestuia. Astfel, dacă o plantă oarecare conține în genotipul său genele S_1 și S_2 în diviziunea reducțională se vor forma grăunciori de polen S_1 și S_2, precum și oosfere S_1 și S_2. Țesutul stigmatului fiind diploid, conține alelele S_1, S_2, iar ori de cîte ori primește polen cu S_1 sau S_2 țesutul produce o substanță care inhibă germinația polenului și dezvoltarea tuburilor polinice. Dacă însă planta $S_1 S_2$ primește polen de la o plantă $S_2 S_3$, țesutul stigmatului permite germinarea polenului cu S_3, inhibînd pe cel cu S_2. Se va dezvolta astfel un zigot $S_1 S_3$. În cazul cînd planta $S_1 S_2$ va primi polen de la o plantă $S_3 S_4$, fecundația are loc normal obținîndu-se zigoți $S_1 S_3$; $S_1 S_4$; $S_2 S_3$ și $S_2 S_4$ (fig. 79).

Pentru ca o specie sau o populație să-și asigure fertilitatea este nevoie să aibă o heterogenitate cît mai accentuată de gene alele. La trifoi se cunosc 30 de alele care asigură fecundația tuturor plantelor.

Autosterilitatea genică se folosește în unele situații pentru obținerea de hibrizi la plantele ale căror inflorescențe sînt greu de castrat.

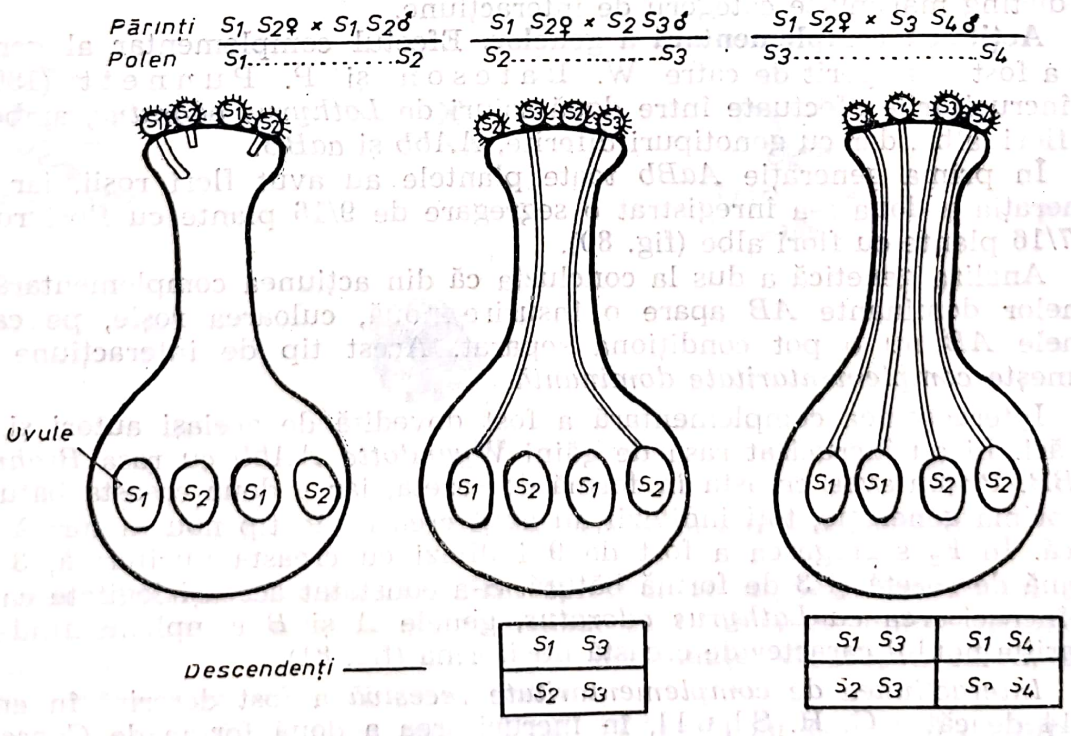


Fig. 79. Autoincompatibilitatea genetică la *Nicotiana*.

Pentru obținerea unei vigori pronunțate a hibrizilor (heterozis) se impune cunoașterea constituției genetice a formelor mamă și tată.

O importanță economică deosebită prezintă cunoașterea alelismului multiplu în horticultură. Se întîmpla ca livezile de pomi, în special cele de măr, plantate cu un singur soi să nu rodească din cauza autosterilității. Astăzi, în urma studiilor minuțioase de genetică, specialiștii cunosc cu precizie soiurile autosterile de pomi, putînd recomanda componența soiurilor dintr-o plantație care să asigure o fructificare normală.

16.2. Excepții mendeliene condiționate de interacțiunea genelor

Teoria cromozomică a eredității a adus o precizare foarte importantă pentru cazurile cînd se respectă segregarea mendeliană subliniind respectarea a două condiții de bază: localizarea genelor în perechi diferite de cromozomi omologi și condiționarea caracterului de către o pereche de gene independente de acțiunea altei gene. Prin aceasta, gena de acum nu mai este privită ipotetic, ci are o natură materială precisă și o localizare bine determinată în cromozom.

Ulterior s-a constatat că determinarea unei însușiri de o singură pereche de gene are loc într-un număr restrîns de cazuri. S-a stabilit că între genele nealele din cadrul cromozomilor omologi și chiar neomologi există diferite tipuri de interacțiune, cu rezultate biochimice, anatomice, embriologice sau fiziologice evidente.

În toate cazurile cînd diferitele perechi de gene intră în interacțiune, raportul de segregare se abate de la cel mendelian și apar caractere noi. Se disting mai multe categorii de interacțiune.

Acțiunea complementară a genelor. Efectul complementar al genelor a fost descoperit de către W. Bateson și P. Punnett (1908) în încrucișările efectuate între două soiuri de *Lathyrus odoratus*, ambele cu flori albe, dar cu genotipuri diferite, *AAbb* și *aaBB*.

În prima generație *AaBb* toate plantele au avut flori roșii, iar în generația a doua s-a înregistrat o segregare de 9/16 plante cu flori roșii la 7/16 plante cu flori albe (fig. 80).

Analiza genetică a dus la concluzia că din acțiunea complementară a genelor dominante *AB* apare o însușire nouă, culoarea roșie, pe care genele *AB* nu o pot condiționa separat. Acest tip de interacțiune se numește *complementaritate dominantă*.

Interacțiunea complementară a fost dovedită de aceiași autori și la păsări. Ei au încrucișat rasa de găini *Wyandotte AAbb* cu rasa *Brahma aaBB*. Prima avea creasta în formă de rozetă, iar a doua creasta bătută. În prima generație, toți indivizii au avut creastă de tip nou în formă de nucă. În F_2 segregarea a fost de 9 indivizi cu creastă nuciformă, 3 în formă de rozetă și 3 de formă bătută. S-a constatat aceeași legitate ca și la încrucișarea cu *Lathyrus odoratus*, genele *A* și *B* complementînd în apariția noului caracter de creastă nuciformă (fig. 81).

Interacțiunea de complementaritate recesivă a fost descrisă în anul 1914 de către G. H. Shull, în încrucișarea a două forme de *Capsella bursa pastoris* diferite după forma capsulelor.

Scanned with OKEN Scanner

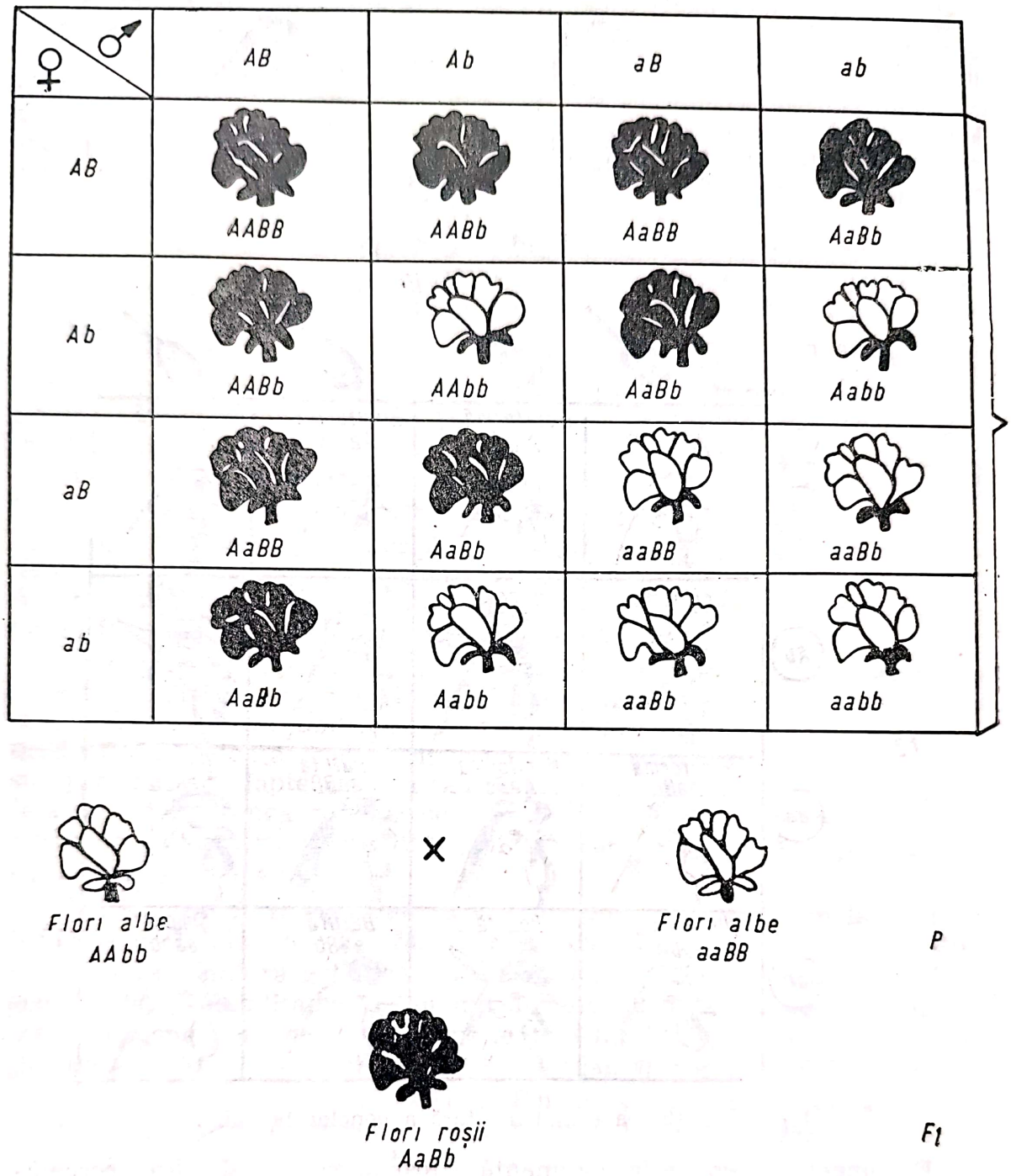


Fig. 80. Acţiunea complementară a genelor la *Lathyrus odoratus*.

Interacţiunea de epistazie. Prin epistazie se înţelege fenomenul de interacţiune între gene nealele în sensul că o genă *A* inhibă acţiunea genei *B*. Este un fenomen asemănător dominanţei *A* asupra lui *a*, cu deosebirea că este vorba de gene nealele.

Gena care inhibă se numeşte genă *epistatică*, iar cea inhibată *hipostatică*. Epistazia se poate manifesta atît între gene dominante, cît şi între gene recesive.

Scanned with OKEN Scanner

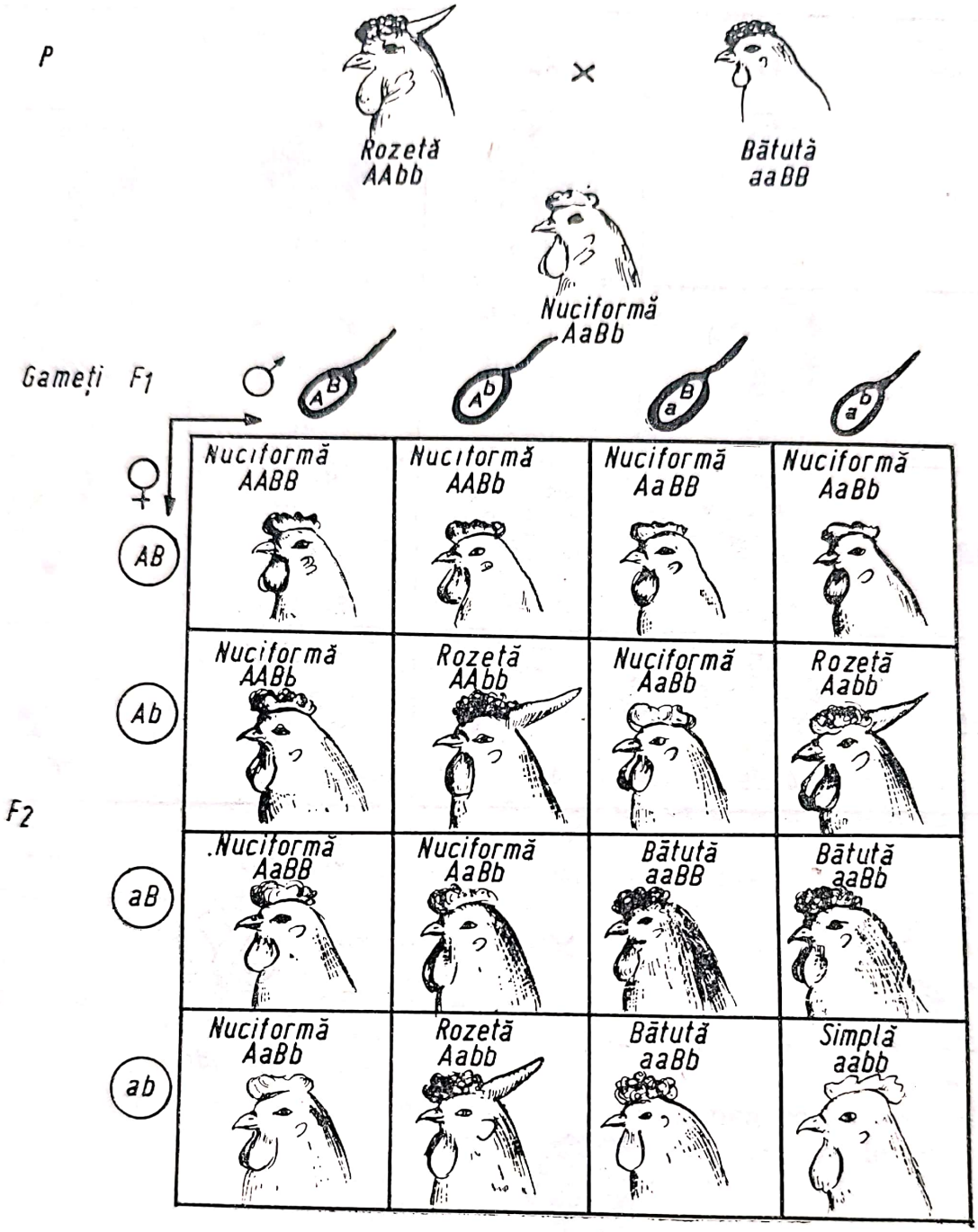


Fig. 81. Acțiunea complementară a genelor la găini.

Fenomenul de epistazie dominantă a fost descoperit de către cercetătorul suedez Herman Nilsson-Ehle în anul 1911, în urma unei încrucișări aparent dihibridă, între *Avena fatua BBGG* cu bob negru și *Avena sativa bbgg* cu bob galben. În prima generație *BbGg* a dominat bobul negru, iar în F_2 s-a produs o segregare în trei grupe fenotipice, respectiv 12 plante cu bob negru (genotipurile: 1 *BBGG*; 2 *BBGg*; 3 *BbGG*; 4 *BbGg*; 1 *BBgg*; 2 *Bbgg*), 3 plante cu bob cenușiu, însușire nouă (genotipurile: 1 *bbGG*; 1 *bbGg*; 1 *bbGg*) și 1 plantă cu bob galben, genotipul *bbgg*. Reiese că însușirea de culoare galbenă este condiționată de gena *G*, dar numai în absența genei *B*.

Scanned with OKEN Scanner

Epistazia de dominanță este caracteristică și găinilor la care gena *I* (culoarea neagră a penelor) este inhibată de prezența genei *C* care impune culoarea albă a penajului. Din încrucișarea rasei *Leghorn* cu genotipul *CCII* (penaj alb) cu rasa *Wyandotte ccii* (penaj alb) se obțin hibrizi F_1 *CcIi* de culoare albă, iar în F_2 rezultă segregarea de 13 indivizi albi la 3 indivizi negri. Studiind posibilitățile în care se pot combina gameții se observă că indivizii cu penaj negru apar numai atunci cînd în genotip lipsește gena dominantă *C*.

Pleiotropia. Prin pleiotropie se înțelege condiționarea simultană de către o pereche de gene a mai multor însușiri. Toate caracterele moștenite pleiotropic segregă în bloc modificînd puternic raportul mendelian de segregare.

La ovăz Nilsson-Ehle a determinat o genă care condiționează simultan forma aristelor, pilozitatea și fragilitatea tulpinilor. Printre mutațiile de porumb, obținute de P. Diaconu, o anumită genă influențează înălțimea plantei, perioada de vegetație și fertilitatea polenului.

Polimeria și caracterele cantitative. Polimerie se numește fenomenul de condiționare a unui caracter de mai multe perechi de gene alele.

După numărul perechilor de gene care colaborează pentru determinarea unui caracter se disting caractere *dimere*, *trimere* etc. După A. Rasmusson (1933), în majoritatea cazurilor de caractere cantitative în polimerie participă pînă la 100—200 perechi de gene.

Ereditatea însușirilor cantitative constituie un important capitol al geneticii. Stabilirea claselor de segregare la descendenții hibrizilor la care se urmărește soarta unor caractere cantitative de interes economic, ca producția, rezistența la factorii nefavorabili, precocitatea etc., la plante sau producția de lapte, de lînă sau de carne, la animale, este mult îngreuiată de interacțiunea genelor polimere. Mult timp s-a presupus că ar fi vorba de un tip nou de ereditate „mixtă", care nu poate fi explicată prin legile lui Gr. Mendel.

Meritul de a fi elucidat aceste probleme revine amelioratorilor Nilsson-Ehle și E. M. East, care independent unul de altul au descoperit natura genetică a caracterelor cantitative, subliniind și de această dată valabilitatea legilor mendeliene pentru acțiunea unui număr mare de gene polimere. Prin experiențele lui Nilsson-Ehle s-au pus bazele științifice pentru ameliorarea plantelor și animalelor (fig. 82).

În experiențele lui Nilsson-Ehle s-a urmărit explicarea unui fenomen calitativ și anume culoarea bobului la grîu și ovăz. El a încrucișat un soi de grîu cu bob de culoare roșie, culoare determinată de 3 perechi de gene dominante nealele $R_1R_1R_2R_2R_3R_3$, cu altul de culoare albă $r_1r_1r_2r_2r_3r_3$. Grîul obișnuit este *hexaploid*, fiecare pereche de cromozomi omologi fiind reprezentată în trei exemplare. La soiurile încrucișate genele *RR* și *rr* au fost prezente în stare homozigotă în toate perechile de cromozomi omologi.

În prima generație, $R_1r_1R_2r_2R_3r_3$, bobul nu a avut culoarea părintelui dominant, ci a avut una intermediară. În generația F_2 s-a obținut o segregare de 63 : 1 (la 63 de boabe de diferite nuanțe de roșu a revenit 1 bob alb).

Scanned with OKEN Scanner

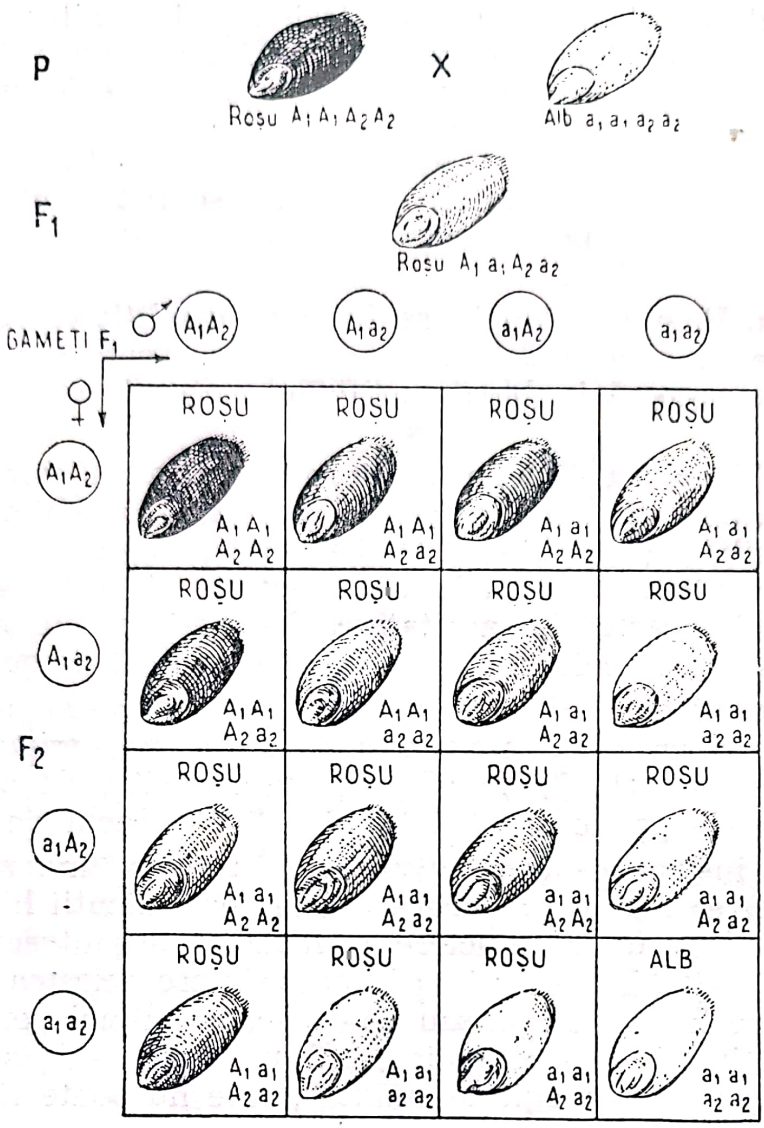


Fig. 82. Epistazie de dominanță la ovăz. Intensitatea culorii la descendenții F_2 oscilează în funcție de numărul de gene dominante alele pe care le conține forma hibridă F_2.

Pentru înțelegerea fenomenului genetic Nilsson-Ehle a alcătuit o diagramă în care ilustrează modul în care s-a realizat segregarea condiționată de 3 perechi de gene polimere (fig. 83).

În diagramă, frecvența claselor corespunde intensității culorii bobului de la alb la roșu:

1 pentru bob alb;

6 pentru bob de culoare intermediară deschisă;

15 pentru bob de culoare intermediară;

20 pentru bob de culoare intermediară intensă;

15 pentru bob de culoare intermediară mai intensă;

6 pentru bob de culoare apropiată de cea roșie;

1 pentru bob de culoare roșu intens.

Trecerea de la o clasă fenotipică la alta este treptată, în funcție de numărul genelor dominante a căror acțiune cumulativă se exteriorizează

Scanned with OKEN Scanner

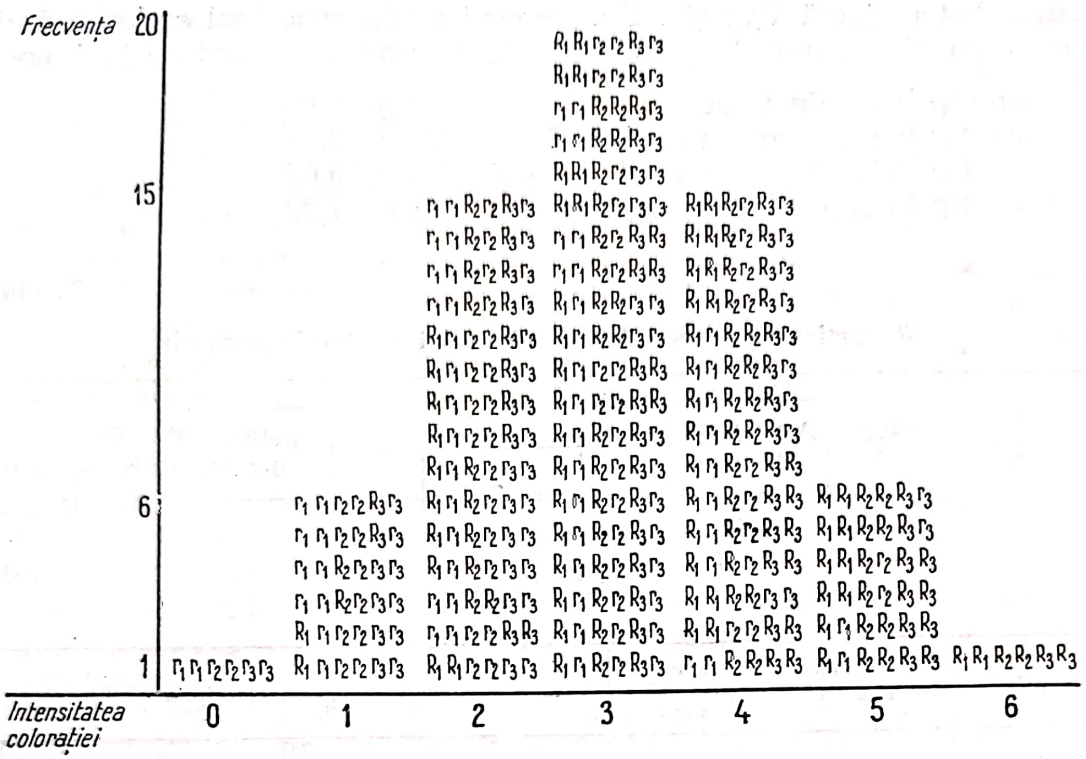


Fig. 83. Intensitatea coloraţiei bobului de grîu în F_2 în funcţie de numărul de gene polimere (după Müntzing).

în intensitatea culorii bobului de la culoare roşie intermediară deschisă, pentru genotipurile cu o singură genă dominantă *R*, pînă la culoarea roşie intensă, pentru genotipurile cu 3 perechi de gene dominante *R*. Acţiunea cumulativă a genelor reflectată în expresia fenotipică a unui caracter cantitativ se numeşte *aditivitate*.

În anul 1910 E. M. East a demonstrat că acţiunea aditivă a genelor polimere are loc şi la nivel diploid. La porumb, încrucişarea între un soi cu ştiuletele lung de 18 cm cu genotipul *AABBCC* şi unul cu ştiulete de 6 cm *aabbcc* a dus la obţinerea hibridului F_1 *AaBbCc*, la care lungimea ştiuletelui a fost intermediară, de 12 cm. În F_2 s-a obţinut o segregare în 7 clase fenotipice cărora le corespund 7 clase genotipice (tab. 9).

S-a presupus că acţiunea aditivă a genelor polimere de acelaşi fel este echivalentă, dar diferă de starea genelor, la cele dominante fiind mai mare. Genele dominante au fost denumite „active", iar cele recesive „puţin active". Pentru fiecare genă activă corespunde o creştere a ştiuletelui cu 3 cm în lungime, în timp ce pentru cele puţin active — numai 1 cm. Rezultatele experimentale prezentate corespund cu totul calculelor teoretice, efectul aditiv al fiecărei gene fiind pe deplin dovedit.

În anul 1964, W. Williams a constatat că polimeria aditivă influenţează conţinutul în vitamina A din endospermul porumbului. Endospermul unei plante diploide este de natură triploidă. Culoarea endospermului şi conţinutul în vitamină A sînt condiţionate la porumb de gena *Y*, care poate fi homozigotă recesivă yyy, homozigotă dominantă *YYY* sau

în stare heterozigotă *Yyy* și *YYy*. Dependent de genotipul endospermului se modifică și conținutul în vitamină A, determinat în unități la 1 gram:

Genotip homozigot recesiv	$yyy = 0{,}05$
Genotip heterozigot cu o genă *Y*	$Yyy = 2{,}25$
Genotip heterozigot cu două gene *Y*	$YYy = 5{,}00$
Genotip homozigot dominant	$YYY = 7{,}50$

Tabelul 9

Repartizarea schematică a polimeriei aditive la porumb

P: AABBCC, 18 cm × aabbcc, 6 cm

F_1: AaBbCc

Segregarea în F_2

Clasele	Număr de indivizi	Lungimea știuletelui (în cm)	Componența genotipică
1	1	18	6 gene „active“
2	6	16	5 gene „active“, 1 genă puțin activă
3	15	14	4 gene „active“, 2 gene puțin active
4	20	12	3 gene „active“, 3 gene puțin active
5	15	10	2 gene „active“, 4 gene puțin active
6	6	8	1 genă „activă“, 5 gene puțin active
7	1	6	6 gene puțin active

Se constată astfel că fiecare genă dominantă *Y*, care înlocuiește gena recesivă, condiționează o creștere de 2,20—2,50 unități vitamină A.

Segregarea transgresivă. În unele încrucișări în care participă gene polimere se înregistrează, în F_2, o segregare în care la unii indivizi caracterele sînt exteriorizate mai puternic sau mai slab decît la formele parentale. Această segregare se numește *transgresivă* și are o importanță practică mare.

În figura 84 se observă că fiecăruia din părinți îi lipseau genele dominante *AA* sau *BB* care cumulate au exteriorizat un efect favorabil de importanță economică pentru ameliorarea plantelor și animalelor. De regulă, în procesul de transgresie sînt incluse întotdeauna mai mult de două gene.

Scanned with OKEN Scanner

Recombinările transgresive se pot obține și în cadrul speciilor cu polenizare alogamă. Din aceste încrucișări rezultă indivizi de transgresie heterozigoți, cu grad mare de variabilitate, care pot servi ca material inițial valoros pentru procesul de ameliorare.

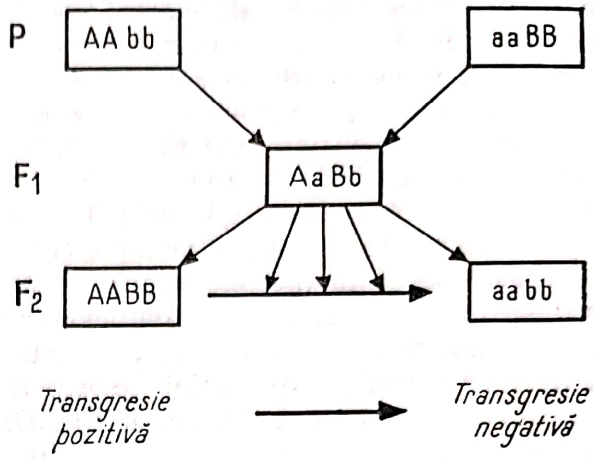


Fig. 84. Segregarea transgresivă.

Fenomenele de interacțiune au scos în evidență multe din însușirile genelor din care:

— acțiunea genei este discretă, ea determină manifestarea sau inhibiția reacțiilor biochimice și totodată gradul de exteriorizare a însușirilor;

— genele acționează graduant, cumularea lor în celulele somatice putînd intensifica sau diminua manifestarea însușirilor;

— fiecare genă are modul ei specific de acțiune;

— gena poate condiționa desfășurarea mai multor reacții diferite și deci manifestarea mai multor însușiri, cum este cazul genelor pleiotropice;

— genele nealele, localizate în diferite perechi de cromozomi omologi, pot acționa simultan în direcția exteriorizării aceleiași însușiri, intensificînd sau diminuînd manifestarea caracterului, cazul genelor polimere;

— genele interacționează cu produșii pe care îi condiționează, controlîndu-le procesul de sinteză;

— manifestarea acțiunii genelor depinde de factorii mediului înconjurător.

Alele letale. Cuvîntul letal provine din latinescul *letalis* derivat din *letum* care înseamnă moarte. Genele letale sînt recesive. În stare heterozigotă diminuează puternic viabilitatea zigoților ce le posedă, iar în stare homozigotă le produc moartea. În majoritatea cazurilor, zigotul cu gene letale nu se dezvoltă. Dacă genele letale sînt înlănțuite cu cromozomii sexului, efectul lor letal se poate manifesta și în stare hemizigotă la sexul heterogametic.

În toate cazurile cînd letalitatea se manifestă la zigot, moștenirea caracterelor la urmași se abate de la segregarea de 3 : 1, caracteristică monohibridării.

Genele letale au fost puse în evidență atît la plante cît și la animale. Efectul lor poate fi observat în cîmpurile însămînțate cu cereale, cînd în primele stadii de dezvoltare apar plantule lipsite de clorofilă, albinotice, care pier după ce își epuizează rezervele de hrană din endosperm. La om, genele letale pot cauza împiedicarea dezvoltării embrionale sau postembrionale și mortalitatea infantilă. În cadrul populațiilor, genele recesive se mențin în stare heterozigotă și se fac observabile cînd prin combinarea gameților trec în stare homozigotă.

La animale, primul caz de existență a genelor letale a fost semnalat de către Lucien Cuénot în anul 1905, la șoareci. Din încrucișarea

șoarecilor de culoare galbenă au rezultat șoareci galbeni și șoareci negri în proporție de 2 : 1. Au urmat experiențe minuțioase de verificare și s-a stabilit că șoarecii încrucișați erau heterozigoți *Gg*, în care *G* determină culoarea galbenă, iar *g* — culoarea neagră. În afară de culoarea galbenă, gena *G* în stare homozigotă condiționează letalitatea embrionului. Din încrucișarea $Gg \times Gg$ urma să apară combinațiile $GG+2Gg+gg$ deci o segregare de 3 șoareci galbeni: 1 șoarece negru. Segregarea de 2 : 1 se explică prin letalitatea factorilor *GG* în stare embrionară.

La *Drosophila melanogaster*, 88% din mutațiile apărute în cromozomul sexului X sînt letale. Asupra genelor letale la genul *Drosophila* au fost întreprinse vaste cercetări de către Th. Dobzhansky care a stabilit că populațiile speciei *Drosophila pseudoobscura* 12% din cromozomii III conțin gene letale, iar la *Drosophila Willistoni*, 41% din cromozomii II.

În cercetările lui P. T. Ives frecvența genelor letale a depins de locul din care au fost colectate musculițele. La probele provenite din statul Florida (S.U.A.) au fost stabilite gene letale în 66,5% din cromozomii II, iar în cele din Noua Anglie (S.U.A.) — 48,5%.

Cercetătorii norvegieni O. L. Mohr și C. Wriedt au constatat că majoritatea anomaliilor întîlnite la viței sînt condiționate de gene letale și subletale în stare homozigotă.

La plante, genele letale au fost descrise de către E. Baur în anul 1928 la *Antirrhinum majus*. Mutația letală a fost denumită *aurea*, datorită faptului că în stare heterozigotă condiționează culoarea galben-verzuie aurie a frunzelor. Gena dominantă a fost numită *Aur* și în stare homozigotă condiționează frunza verde a plantei.

E. Baur efectuînd autofecundarea plantei heterozigote Aur-aurea cu frunze aurii, a obținut 25% din descendenții verzi Aur-Aur; 50% aurii (galben verzui); Aur-aurea și 25% cu frunze galbene aurea-aurea. Ultimele neputînd sintetiza clorofila, mor. Se obține astfel un raport de segregare de 2 : 1 în favoarea plantelor de culoare aurie, heterozigote. Raportul constituie o nouă abatere de la segregarea mendeliană.

CAPITOLUL 17

EREDITATEA CITOPLASMATICĂ

17.1. Sistemul ereditar citoplasmatic

Prin ereditate citoplasmatică se înțelege sistemul genetic constituit din componenți celulari localizați în afara cromozomilor. Transmiterea caracterelor condiționate de particule ereditare aflate în afara nucleului constituie o excepție de la legile mendeliene, dar analiza genetică a descendenților este pe deplin accesibilă.

Scanned with OKEN Scanner

Particularitatea eredității citoplasmatice, care o deosebește de cea cromozomală, constă în faptul că însușirile materne, condiționate de componenții extranucleari, se transmit în întregime la descendenți, indiferent de genele nucleare introduse în fecundație de partenerul mascul.

Sistemul ereditar citoplasmatic completează pe cel cromozomic, alcătuind împreună *patrimoniul ereditar* al speciilor. Componenții ereditari localizați în afara cromozomilor alcătuiesc *plasmotipul,* spre deosebire de *genotip* constituit din genele localizate în cromozomi.

Genotipul și plasmotipul nu trebuie privite ca izolate și independente unele de altele. Un bogat material experimental dovedește că și plasmotipul intervine în controlul majorității caracterelor organismelor. După R. Hagemann (1964), plasmotipul influențează vitalitatea plantelor, heterozisul, fertilitatea polenului, fructificarea, morfologia frunzelor și a florilor, procesele fiziologice ale citoplasmei, activitatea enzimatică, rezistența la factori nefavorabili și altele.

Primul hibrid interspecific cunoscut în istoria biologiei, catîrul, purta caractere determinate de gene localizate în citoplasma maternă, ceea ce nu a fost posibil de explicat pînă în secolul nostru. Din încrucișarea directă între cal *(Equus caballus)* și asin *(Equus asinus)* rezultă catîrul *(E. mullus),* iar din încrucișarea reciprocă rezultă bardoul *(E. hinnus).* Cei doi hibrizi prezintă deosebiri evidente ca mărime, putere de muncă, comportament, culoare etc. Hibridul dintre aceste specii, indiferent de formula de încrucișare, conține 63 de cromozomi, 32 de la cal și 31 de la măgar. Diferențele sînt condiționate de particularitățile genelor citoplasmatice materne, care la cele două specii sînt diferite.

Ereditatea necromozomală a fost semnalată la plante și animale din cele mai diferite unități sistematice, demonstrîndu-se astfel existența unui sistem genetic unitar ce acționează în paralel și în interdependență cu sistemul cromozomic.

Existența sistemului de ereditate necromozomică a fost semnalată în anul 1899 de către T. Boveri, care, studiind rolul nucleului în ereditate, a eliminat nucleul ovulelor de arici de mare prin centrifugare. Ovulele denucleate au fost fecundate cu spermatozoizi de la crinul de mare. Obținerea de descendenți hibrizi, prin fecundarea unui ovul lipsit de nucleu cu spermatozoizi normali, a fost numit în anul 1899 de către H. Delage, *merogonie.*

Larvele rezultate prezentau, pe lîngă caracterele paterne și unele caractere materne, care puteau fi transmise numai prin intermediul citoplasmei.

Experiențe asemănătoare a efectuat în 1906 E. Godlewski, fecundînd ovule denucleate de echinid cu spermatozoizi de crinoid. Larvele obținute prezentau și caractere materne transmise prin citoplasmă. Transmiterea caracterelor prin citoplasmă a mai fost demonstrată in 1939 de către S. Hörstadius la două specii de arici de mare, de E. Hadorn, în 1955, prin fecundarea ovulului denucleat de *Triton palmatus* cu spermatozoizi de *Triton cristatus* și în 1957 de către J. Danielli, prin transplantarea nucleului de *Amoeba proteus* în citoplasma speciei *Amoeba discoides.* În toate cazurile s-a constatat influența evidentă a citoplasmei materne.

Scanned with OKEN Scanner

Bazele teoretice ale eredității necromozomale au fost elaborate de către genetiștii Carl Correns și Erwin Baur, care prin experiențe detaliate au descris fenomenul la barba împăratului (*Mirabilis jalapa*) și gura leului (*Antirrhinum majus*).

În anul 1909, C. Correns arată că la *Mirabilis jalapa*, o varietate denumită de el *albomaculata*, se întîlnesc frunze verzi, frunze albe, precum și frunze cu pete verzi și pete albe. Pentru a stabili natura genetică a acestui fenomen C. Correns a efectuat încrucișări între toate categoriile de ramuri, folosindu-le atît ca mamă cît și ca tată. Rezultatele au arătat că în cazurile cînd ramura folosită ca mamă a fost verde sau albă, descendenții i-au moștenit caracterul în întregime, iar cînd ramura a fost pestriță s-au obținut descendenți din toate categoriile (fig. 85).

S-a ajuns la concluzia că însușirea este determinată de starea cloroplastelor, care se transmite pe linie maternă. Ramurile verzi și cele albe conțin cloroplaste de o singură categorie, iar cele pestrițe conțin cloroplaste din ambele categorii, în proporții diferite. Apariția de plante din cele trei tipuri depinde de modul cum cloroplastele sînt distribuite în diviziunea celulară (fig. 86).

Concluziile lui C. Correns au fost confirmate de E. Baur și alți autori la peste 20 de genuri de plante. S-a ajuns, astfel, la concluzia că plastidele conțin elemente genetice, care se transmit prin conținutul citoplasmatic al gametului femel, independent de nucleu. Acest tip de ereditate a fost denumit *plastom* sau *plastidom*.

Cercetările ulterioare au mai scos în evidență *ereditatea de condriom*, condiționată de constituenți ereditari aflați în mitocondrii și *ereditatea de*

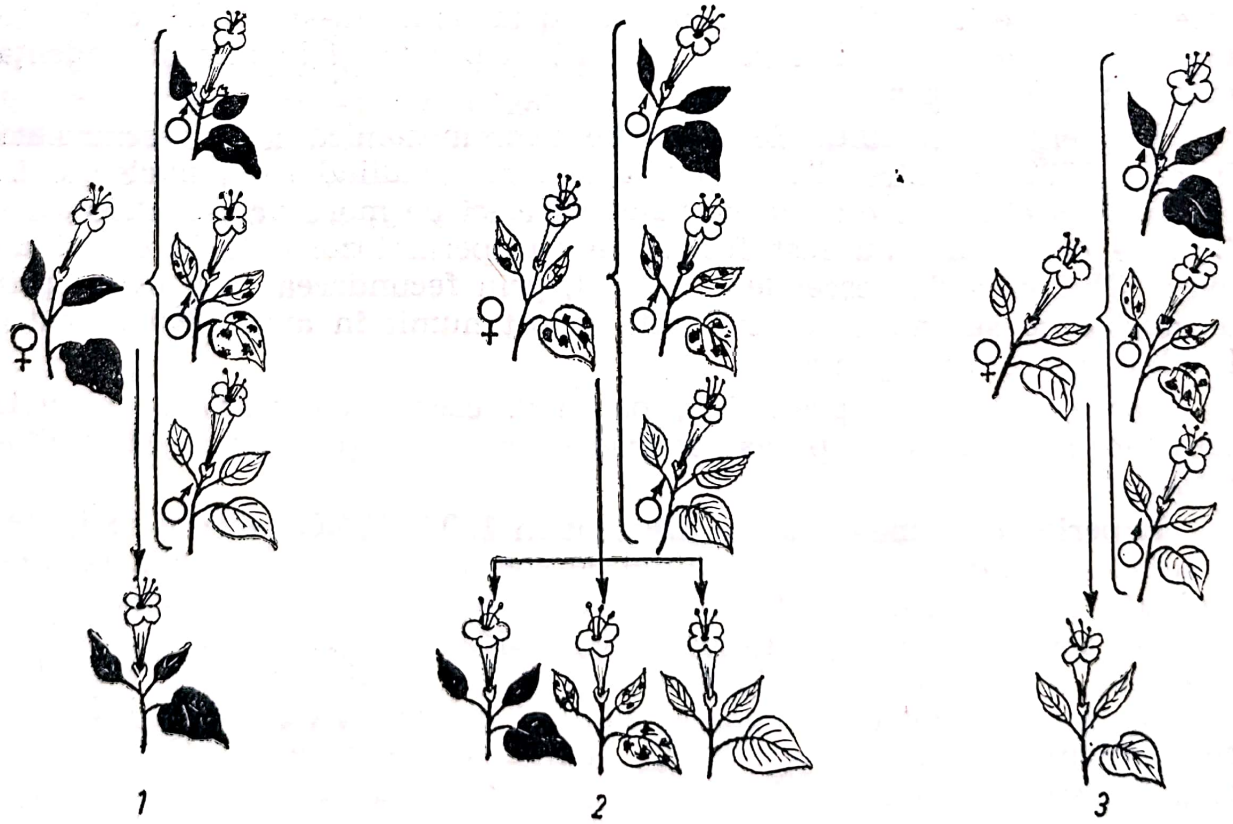


Fig. 85. Ereditatea culorii frunzei la *Mirabilis jalapa*:
1 — verde; *2* — pestriț; *3* — alb.

Scanned with OKEN Scanner

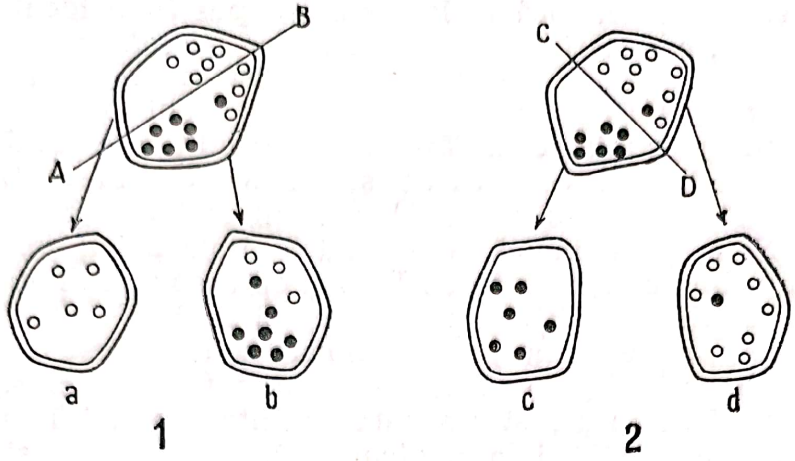


Fig. 86. Posibilităţile distribuirii întîmplătoare a plastidelor în diviziunea celulară:

1 — celula AB va da două celule-fiice a şi b, din care a cu plastide albe, iar b cu plastide albe şi verzi; *2* — celula CD produce prin diviziune celulă-fiică ce conţine plastide verzi (c), a doua, (d) — conţine atît plastide verzi cît şi plastide albe.

citoplasmon, determinată de constituenţi ereditari localizaţi în particule submicroscopice.

Ereditatea transmisă prin plastom. Plastidele sînt organite citoplasmatice care conţin numeroase sisteme enzimatice, fiind capabile de a sintetiza proteine, acizi nucleici, carotinoizi; ele reprezintă sediul fotosintezei şi al sintezei amidonului.

Descoperirea plastomului ca sistem ereditar citoplasmatic a fost posibilă datorită mutaţiilor care determină anumite deficienţe clorofiliene vizibile, în care sînt implicate plastidele.

Exemplul tipic al eredităţii de plastom îl prezintă experienţa lui C. Correns cu transmiterea deficienţelor de tip *albamaculata* la *Mirabilis jalapa.*

În afara rolului de a controla activitatea cloroplastelor, plastomul condiţionează forma frunzelor, fecundaţia selectivă, inactivarea polenului şi chiar letalitatea unor hibrizi între diferite specii din genul *Oenothera.*

O experienţă detaliată a executat cercetătorul german P. Michaelis efectuînd încrucişări reciproce între *Epilobium hirsutum* şi *E. luteum.* Hibrizii obţinuţi din încrucişarea în care *E. hirsutum* participa ca mamă erau aproape sterili şi dădeau flori mici. Folosirea speciei *E. luteum* ca mamă a dus la obţinerea de hibrizi normali. Considerînd că deosebirile între hibrizii reciproci se datorează particularităţilor de citoplasmă P. Michaelis a reîncrucişat hibridul *E. luteum*×*E. hirsutum* cu forma tată *(E. hirsutum)* în cursul a 24 de generaţii succesive. În generaţia a 25-a s-a obţinut o formă cu nucleu de *E. hirsutum,* dar cu citoplasmă de *E. luteum.* Fenotipic, forma F_{25} era analogă speciei *E. hirsutum.* Acest „hibrid" a fost încrucişat reciproc cu specia *E. hirsutum.* Între hibrizii reciproci s-au constatat aceleaşi deosebiri ca şi în cazul încrucişării speciilor *E. hirsutum* cu *E. luteum.* Prin aceasta, P. Michaelis (1954) a dovedit că însuşirile condiţionate de citoplasma maternă nu s-au modificat timp de 25 generaţii.

Scanned with OKEN Scanner

Prin metode de genetică moleculară s-a pus în evidenţă un aparat genetic autonom, caracteristic plastidelor, care posedă însuşirea de autoreproducere prin diviziune din plastide preexistente. ADN din plastide se deosebeşte atît de ADN-ul nuclear, cît şi de ADN-ul mitocondrial. Replicarea ADN-ului plastidic se desfăşoară independent de ADN-ul nuclear.

Experienţele lui N. S. Scott şi R. M. Smilie (1967) au pus în evidenţă sinteza acidului ribonucleic la nivelul cloroplastelor, dependent de ADN, ceea ce indică posibilitatea desfăşurării unei biosinteze proteice la nivelul acestor organite. Există, de asemenea, indicaţii privind prezenţa în plastide a ARN-ului mesager şi a ARN-ului de transport. Plastidele conţin, de asemenea, ribozomi care se deosebesc de cei din citoplasmă prin dimensiuni şi constanţă de sedimentare mai mică.

În ultimul deceniu a fost realizată biosinteza proteică *in vitro,* folosindu-se ribozomi plastidici la *Euglena* (A. Guanam şi J. Kahn 1967), la *Acetabularia,* (J. Brachet 1967) şi la plante superioare (J. Cher şi S. G. Wildman, 1967).

O altă descoperire asupra acestui sistem ereditar este inducerea de mutaţii prin iradieri şi tratamente chimice.

Ereditatea transmisă prin condriom. Cercetările de genetică moleculară au stabilit că mitocondriile posedă un aparat genetic propriu, mutabilitate, recombinare, autoreproducere etc. Primele dovezi asupra localizării unor elemente ereditare în mitocondrii au fost aduse în 1952 la ciuperci de către M. B. Mitchell şi H. K. Mitchell la *Neurospora crassa,* iar în 1953 de către B. H. Ephrussi şi P. S. Slonimski la *Saccharomyces cerevisiae.* Primii autori au descris o mutantă de *Neurospora crassa* apărută spontan, care se caracterizează printr-o creştere mai lentă faţă de tipul sălbatic. Mutanta a fost denumită *„poky".* Ea a apărut în urma alterărilor ce au avut loc la nivelul structural şi funcţional al mitocondriilor, exteriorizate prin absenţa enzimelor respiratorii de importanţă majoră, ca citocromul *a* şi *b,* care în mod normal sînt legate de mitocondrii.

Prin încrucişarea mutantei *„poky"* cu tipul sălbatic de *Neurospora crassa* deficienţa enzimatică s-a păstrat la descendenţi. În încrucişarea reciprocă, tipul sălbatic fiind folosit ca formă maternă, deficienţa nu s-a mai transmis.

Experienţele lui H. K. Mitchell au dovedit ereditatea exclusiv maternă a mutantei *„poky".* Aceste rezultate au constituit punctul de plecare pentru o serie de cercetări minuţioase asupra rolului ereditar extracromozomal al mitocondriilor, genetica bacteriilor devenind o ramură înfloritoare a ştiinţelor biologice.

La drojdia de bere *Saccharomyces cerevisiae,* B. H. Ephrussi (1952) şi P. Slonimski au identificat mutanta *„petite",* la care, de asemenea, lipsesc citocromii mitocondriali *a,* a_3, *b* şi c_1, celulele fiind lipsite de succin-dehidrogenază şi de citocromoxidază. Această mutantă are un metabolism anaerob chiar în condiţii de aerobioză. Prin metoda încrucişărilor reciproce s-a stabilit natura extracromozomală a multor mutante de tipul *„petite".*

Natura mitocondrială, transmisă pe linie maternă citoplasmatică, a mai fost stabilită prin obţinerea de mutante rezistente la diferite antibiotice.

Scanned with OKEN Scanner

În ultimii ani, existența aparatului genetic mitocondrial a fost dovedită pe deplin. Multiplicarea mitocondriilor se realizează prin diviziune din mitocondrii preexistente și nu prin sinteza lor „de novo" cum se credea pînă în anul 1960. Din mitocondrii se poate extrage o fracție de ADN specifică, deosebită de ADN-ul nuclear și de cel plastidic. S-a observat sinteza ARN-ului dependent de ADN-ul mitocondrial și s-au identificat tipuri de ARN pentru toți aminoacizii, unele tipuri de ARN fiind caracteristice numai mitocondriilor. Toate acestea dovedesc capacitatea mitocondriilor de a desfășura independent etapele biosintezei proteice.

Ereditatea transmisă prin citoplasmon. Pentru multe caractere care se transmit pe linie maternă, extracromozomal, nu s-a putut stabili localizarea lor în organite citoplasmatice precise. Se presupune că aceste gene sînt localizate în structuri submicroscopice ale citoplasmei sau în citoplasma difuză. Totalitatea acestor elemente ereditare alcătuiește *citoplasmonul*.

Dintre caracterele transmise prin intermediul citoplasmonului au fost studiate diferite mutante la ciuperci, la alga verde *Chlamydomonas*, variegarea plantelor la *Plantago major* și *Humulus japonicus* și androsteritatea citoplasmatică la plantele superioare.

Formele purtătoare ale însușirilor enumerate au fost folosite în încrucișare ca mamă, descendenții purtînd caracterul mutant ca o dovadă evidentă a transmiterii lui prin intermediul citoplasmei materne.

Baza moleculară a sistemului genetic transmis prin citoplasmon a fost studiată de către Ruth Sager de la Universitatea Columbia, printr-o serie de mutații obținute la alga verde *Chlamydomonas*, fitoflagelată haploidă cu 8 cromozomi și 2 sușe de sex diferit (mt^+ și mt^-).

În experiențele întreprinse pînă acum nu s-a putut stabili existența de ADN genetic funcțional în citoplasmon, ci numai de ARN. Ruth Sager presupune că o mică parte din ARN citoplasmatic este purtătorul determinanților genetici ai citoplasmonului. Această presupunere se bazează pe faptul cunoscut că ARN poate să conțină întreaga informație genetică la virusuri și bacteriofagi. Dintre însușirile condiționate de ereditatea citoplasmatică au fost studiate în mod deosebit aspectele androsterilității citoplasmatice.

17.2. Androsterilitatea citoplasmatică

Sterilitatea polenului poate fi clasificată în două mari grupe: polen normal dezvoltat, lipsit de capacitatea de fecundație și polen nedezvoltat, al cărui proces de maturație se blochează imediat după formarea tetradei cu microspori, în stadiul de unul sau doi nuclei.

Polenul normal dezvoltat nu fecundează din cauze morfologice condiționate de heterostilia inflorescenței, din cauza *dihogamiei* (maturitatea gameților femeli și masculi diferă în timp), precum și din cauza autoincompatibilității gameților.

Plantele lipsite de polen se numesc *androsterile*. În unele cazuri, polenul nu se formează datorită condițiilor de mediu sau datorită acțiunii unor substanțe chimice, care inhibă microsporogeneza fără a afecta aparatul genetic.

Scanned with OKEN Scanner

În ultimii ani, existența aparatului genetic mitocondrial a fost dovedită pe deplin. Multiplicarea mitocondriilor se realizează prin diviziune din mitocondrii preexistente și nu prin sinteza lor „de novo" cum se credea pînă în anul 1960. Din mitocondrii se poate extrage o fracție de ADN specifică, deosebită de ADN-ul nuclear și de cel plastidic. S-a observat sinteza ARN-ului dependent de ADN-ul mitocondrial și s-au identificat tipuri de ARN pentru toți aminoacizii, unele tipuri de ARN fiind caracteristice numai mitocondriilor. Toate acestea dovedesc capacitatea mitocondriilor de a desfășura independent etapele biosintezei proteice.

Ereditatea transmisă prin citoplasmon. Pentru multe caractere care se transmit pe linie maternă, extracromozomal, nu s-a putut stabili localizarea lor în organite citoplasmatice precise. Se presupune că aceste gene sînt localizate în structuri submicroscopice ale citoplasmei sau în citoplasma difuză. Totalitatea acestor elemente ereditare alcătuiește *citoplasmonul.*

Dintre caracterele transmise prin intermediul citoplasmonului au fost studiate diferite mutante la ciuperci, la alga verde *Chlamydomonas,* variegarea plantelor la *Plantago major* și *Humulus japonicus* și androsteritatea citoplasmatică la plantele superioare.

Formele purtătoare ale însușirilor enumerate au fost folosite în încrucișare ca mamă, descendenții purtînd caracterul mutant ca o dovadă evidentă a transmiterii lui prin intermediul citoplasmei materne.

Baza moleculară a sistemului genetic transmis prin citoplasmon a fost studiată de către Ruth Sager de la Universitatea Columbia, printr-o serie de mutații obținute la alga verde *Chlamydomonas*, fitoflagelată haploidă cu 8 cromozomi și 2 sușe de sex diferit (mt^+ și mt^-).

În experiențele întreprinse pînă acum nu s-a putut stabili existența de ADN genetic funcțional în citoplasmon, ci numai de ARN. Ruth Sager presupune că o mică parte din ARN citoplasmatic este purtătorul determinanților genetici ai citoplasmonului. Această presupunere se bazează pe faptul cunoscut că ARN poate să conțină întreaga informație genetică la virusuri și bacteriofagi. Dintre însușirile condiționate de ereditatea citoplasmatică au fost studiate în mod deosebit aspectele androsterilității citoplasmatice.

17.2. Androsterilitatea citoplasmatică

Sterilitatea polenului poate fi clasificată în două mari grupe: polen normal dezvoltat, lipsit de capacitatea de fecundație și polen nedezvoltat, al cărui proces de maturație se blochează imediat după formarea tetradei cu microspori, în stadiul de unul sau doi nuclei.

Polenul normal dezvoltat nu fecundează din cauze morfologice condiționate de heterostilia inflorescenței, din cauza *dihogamiei* (maturitatea gameților femeli și masculi diferă în timp), precum și din cauza autoincompatibilității gameților.

Plantele lipsite de polen se numesc *androsterile.* În unele cazuri, polenul nu se formează datorită condițiilor de mediu sau datorită acțiunii unor substanțe chimice, care inhibă microsporogeneza fără a afecta aparatul genetic.

Scanned with OKEN Scanner

Din punct de vedere genetic interesează fenomenul cînd blocarea formării polenului este condiţionată de gene localizate în cromozomi sau în citoplasmon. În funcţie de aceasta distingem *androsterilitate nucleară* şi *androsterilitate citoplasmatică.*

Androsterilitatea nucleară. Este determinată de gene recesive. La porumb au fost identificate 20 de gene recesive care condiţionează sterilitatea polenului, localizate în cromozomii I, III, V, VI, VIII şi IX. Nefiind înlănţuite, cazurile de androsterilitate se comportă în hibridare după schema monohibridării. Androsterilitatea nucleară nu prezintă interes practic, deoarece nu poate fi folosită în procesul producerii de sămînţă hibridă.

Androsterilitatea citoplasmatică. În anul 1904 C. Correns a observat o plantă androsterilă de cimbru de grădină (*Satureja hortensis*), care polenizată cu polen de la o plantă fertilă nu şi-a refăcut fertilitatea în F_1, descendenţii rămînînd androsterili. În anul 1924, F. Wettstein arată că formarea polenului la planta observată de C. Correns este împiedicată de factori citoplasmatici. Cazuri de androsterilitate citoplasmatică au fost descoperite apoi la mai multe specii, dintre care în anul 1929 la ceapă de către Johnson, la porumb de către M. Rhoades, în 1931, la grîu de către H. Kihara în anul 1951 etc.

În urma cercetărilor întreprinse la ceapă şi porumb au fost elaborate bazele teoretice ale aplicării fenomenului de androsterilitate citoplasmatică în practica agricolă.

În toate cazurile de androsterilitate citoplasmatică, încrucişarea plantelor mascul sterile cu plante fertile duce la obţinerea de descendenţi androsterili. Acest fenomen, condiţionat genetic, prezintă un interes deosebit pentru obţinerea de sămînţă, evitîndu-se operaţia de castrare a plantelor, care necesită un volum mare de muncă manuală.

Androsterilitatea citoplasmatică este condiţionată de gene localizate în citoplasmă, care se notează cu *cms,* literele provenind de la cuvintele „cytoplasmic male sterility".

Însuşirea citoplasmei de a condiţiona sterilitatea polenului se notează cu *S.*

Androsterilitatea citoplasmatică la porumb. Androsterilitatea citoplasmatică la porumb a fost semnalată pentru prima dată de către M. Rhoades (1931) în S.U.A., apoi de M. I. Hadjinov în U.R.S.S. (1933).

Plantele androsterile, găsite de M. Rhoades, au fost polenizate cu polen de la plantele fertile din aceeaşi populaţie, dar au dat descendenţi cu polen steril. Repetînd polenizarea cu polen de la aceleaşi forme, timp de mai multe generaţii, androsterilitatea s-a menţinut la acelaşi nivel, constituind unul din cele mai evidente cazuri de ereditate transmisă exclusiv pe linie maternă, citoplasmatică.

În anul 1948 L. M. Josephson şi M. T. Jenkins au descoperit un tip de androsterilitate citoplasmatică diferit de cel descris de M. Rhoades.

Pe baza cercetărilor întreprinse asupra androsterilităţii citoplasmatice la ceapă şi la porumb, s-a ajuns la concluzia că orice formă fertilă

Scanned with OKEN Scanner

poate fi transformată în androsterilă. Pentru aceasta este necesară sursa de androsterilitate citoplasmatică, care se folosește la încrucișare cu forma fertilă. Încrucișarea se repetă pînă se realizează înlocuirea cromozomilor de la forma mamă cu cromozomi de la forma polenizatoare. În urma acestui transfer de cromozomi forma androsterilă devine identică cu forma polenizatoare, menținîndu-și însușirea de androsterilitate transmisă prin citoplasmă.

Acest procedeu genetic este mult folosit în ameliorarea porumbului pentru transformarea liniilor consangvinizate fertile în androsterile, în scopul folosirii lor ca forme materne în procesul de hibridare pentru obținerea hibrizilor dubli. Liniile obținute pe această cale se numesc *analogi androsterili* (fig. 87).

Folosindu-se tehnica reîncrucișării formei sterile cu o linie fertilă (back-cross) s-a reușit să se obțină linii analoge androsterile, pentru multe din liniile consangvinizate existente. Tehnica de transformare a liniilor androfertile în linii androsterile a fost elaborată de către F. D. Richey și G. F. Sprague.

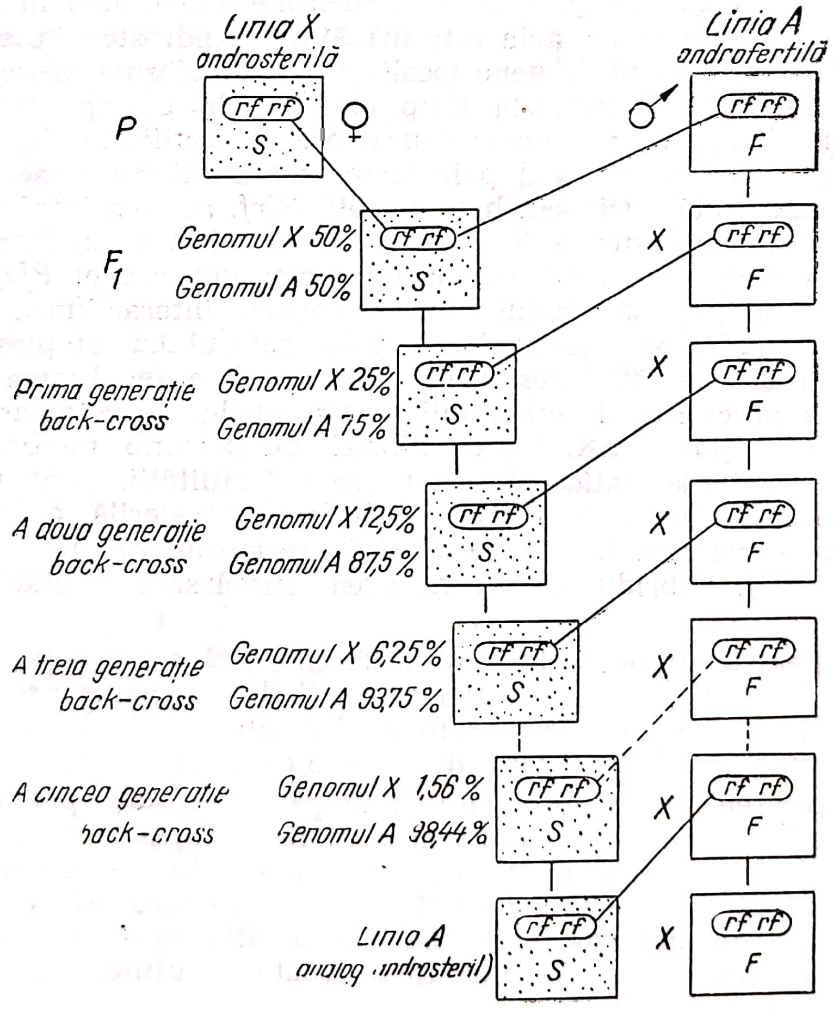


Fig. 87. Schema transformării liniilor androfertile în analogi androsterili.

Scanned with OKEN Scanner

17.3. Interacţiunea dintre nucleu şi citoplasmă

Avantajele economice şi biologice pe care le prezintă androsterilitatea citoplasmatică pentru producerea de hibrizi, evitînd operaţia de castrare, au dus la intensificarea cercetărilor ştiinţifice, care au avut rezultate teoretice şi practice imediate.

În urma încrucişărilor efectuate între soiul de ceapă androsteril *Italian roşu* cu numeroşi polenizatori fertili s-a constatat că la unii hibrizi fertilitatea polenului este restaurată (D. F. Jones şi B. M. Davis, 1944). Polenizatorii care au dat hibrizi fertili au fost denumiţi *restauratori de fertilitate*. În anul 1950, D. F. Jones, apoi D. F. Jones şi P. J. Mangelsdorf, în 1951, au obţinut rezultate asemănătoare şi la porumb. S-a constatat că unele linii androfertile restaurează fertilitatea formelor androsterile.

S-a presupus că are loc o interacţiune între genele dominante din nucleu cu cele citoplasmatice. Prin aceasta s-au pus bazele explicării ştiinţifice a unui nou fenomen genetic, *interacţiunea dintre genele localizate în citoplasmă şi cele localizate în nucleu.*

Mecanismul genetic prin care se menţine sterilitatea masculă şi se restaurează fertilitatea acesteia este următorul: androsterilitatea citoplasmatică este condiţionată de gene localizate în citoplasma maternă *S* şi se manifestă la descendenţi atîta timp cît formele paterne polenizatoare conţin în nucleu gene recesive restauratoare de fertilitate *rfrf* (fig. 88).

În cazul cînd în nucleul polenizatorului se găsesc gene dominante în stare homozigotă *RfRf* sau heterozigotă *Rfrf*, acestea intră în interacţiune cu citoplasma sterilă *S* şi se reface fertilitatea în întregime sau numai 50% din plante, cînd polenizatorul este heterozigot *Rfrf*.

Citoplasma polenizatorului nu influenţează interacţiunea dintre genele citoplasmatice şi cele nucleare, polenizatorul cu citoplasmă sterilă *S* şi gene nucleare *RfRf* restaurînd în întregime fertilitatea polenului.

Efectul practic al interacţiunii dintre nucleu şi citoplasmă a fost imediat. S-au putut astfel crea hibrizi de porumb pe bază de androsterilitate citoplasmatică şi restaurare a fertilităţii. Pentru obţinerea hibridului dublu fertil se foloseşte o linie *Acms* sterilă, o linie *B* normală, nerestauratoare, iar liniile *C* şi *D* restauratoare de fertilitate cu genotipul *RfRf*. Hibridul dublu va avea citoplasmă sterilă şi genele *Rfrf*.

Dacă pentru obţinerea hibridului simplu tată nu este posibilă participarea ambelor linii *C, D,* restauratoare *RfRf,* se poate proceda la folosirea unei singure linii restauratoare, iar hibridul dublu va avea 50% din plante cu polen fertil şi 50% din plante cu polen steril.

Descoperirea fenomenului de restaurare a fertilităţii polenului, datorită interacţiunii genelor din cromozom cu cele citoplasmatice, a îndreptat cercetarea amelioratorilor pe de o parte spre stabilirea surselor de androsterilitate citoplasmatică şi a formelor nerestauratoare prin care se menţine însuşirea de androsterilitate, iar pe de alta spre găsirea de forme restauratoare pentru ca fenomenul să poată fi utilizat în producerea hibrizilor de porumb.

S-a stabilit că sursele de androsterilitate citoplasmatică diferă în funcţie de genele care le determină. Diferenţele se stabilesc prin încru-

Scanned with OKEN Scanner

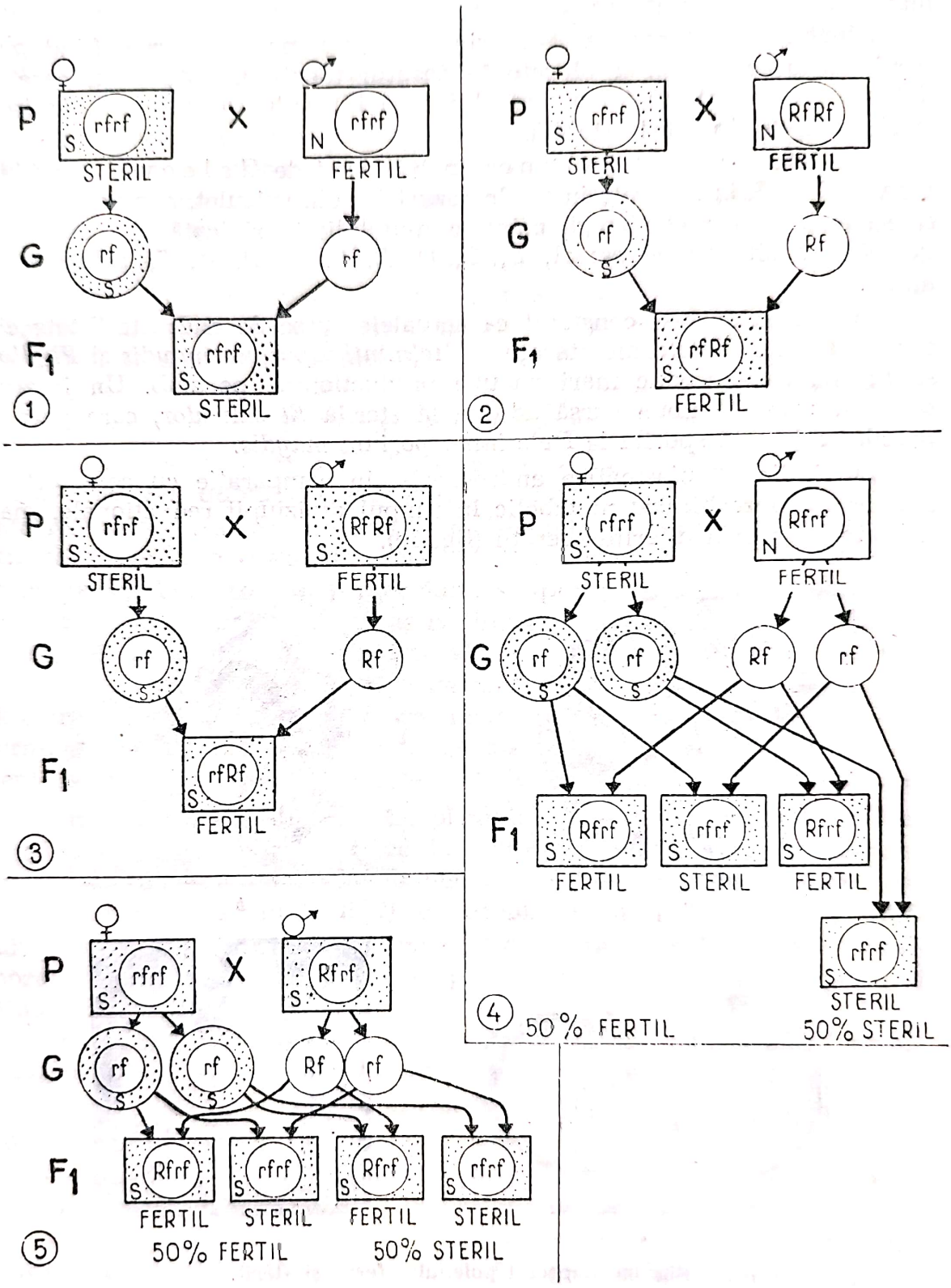


Fig. 88. Posibilitatea interacțiunii dintre nucleu și citoplasmă.

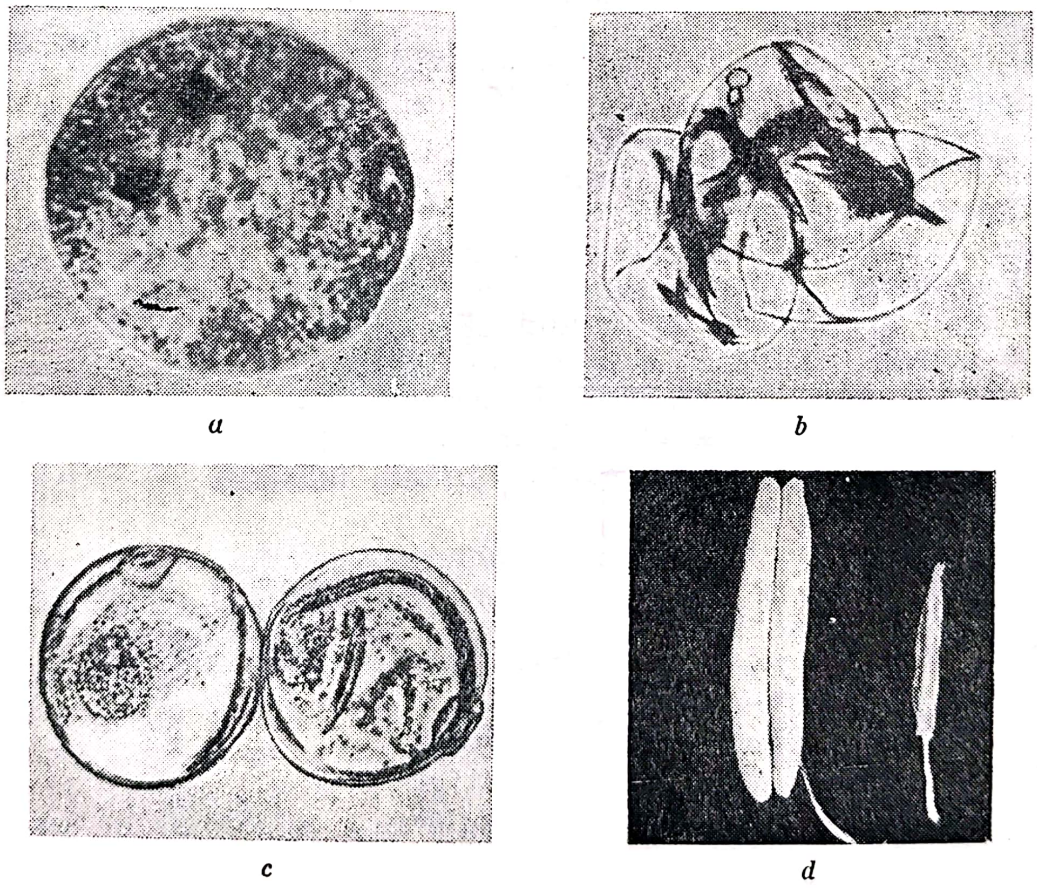
cișări de testare cu formele fixatoare de sterilitate și cu cele restauratoare de fertilitate. Cele mai importante tipuri de androsterilitate citoplasmatică sînt următoarele:

Tipul Texas T, caracterizat prin sterilitate mare; anterele fiind puternic degenerate rămîn blocate în țesutul tapetum. Este tipul care a dat rezultatele cele mai bune în obținerea hibrizilor de porumb. Androsterilitatea de tip *T* este stabilă.

Tipul S, descoperit de J o n e s în S.U.A. și de G a l e e v și H a d j i n o v în U.R.S.S.; anterele în unele cazuri ies din spiculeț, dar polenul lor este steril. Se caracterizează printr-o mutabilitate ridicată. Au mai fost descrise și alte tipuri ca: *A, B, C, D, E, F, G, P, V, El salvador* și altele.

În ultimii ani s-a constatat că actualele surse de androsterilitate citoplasmatică sînt puternic atacate de *Helminthosporium maydis* și *Phyllosticta* sp., care produc mari pagube producției de porumb. Un interes deosebit prezintă noua sursă adițională sterilă *El salvador*, care pare a poseda rezistență sporită la *Helminthosporium maydis*.

La liniile citoplasmatice androsterile, în comparație cu cele fertile, are loc un dezechilibru metabolic în timpul diviziunii reducționale, manifestîndu-se prin diferite aberații (fig. 89).



a *b* *c* *d*

Fig. 89. Aspectul polenului fertil și steril:
a — polen normal dezvoltat; *b* — polen steril, androsterilitate de tip *T*; *c* — polen steril, androsterilitate de tip *S*; *d* — antere: stînga normală, fertilă, și dreapta cu polen steril (original).

Scanned with OKEN Scanner

La androsterilitatea de tip *T*, aberațiile sînt mai accentuate. Dimensiunile anterei sînt mult reduse, grăunciorii de polen rămîn de 60—62 microni pe diametrul mare, 48—50 pe diametrul mic, la tipul *T*, și de 72—75, respectiv 69—73 la tipul *S*. Dimensiunile polenului normal fertil sînt în medie de 88—96 microni pentru diametrul mare și 80—92, pentru cel mic.

Transferul genelor rastauratoare de fertilitate în genotipul liniilor normale. Genele restauratoare de fertilitate se întîlnesc numai în biotipuri izolate din populațiile de porumb, majoritatea liniilor obținute prin autofecundare fiind normale, cu genele *rfrf*. De aceea, crearea de linii restauratoare de fertilitate constituie o problemă de importanță majoră în ameliorarea plantelor. În acest scop se folosește metoda transformării liniilor normale nerestauratoare în linii restauratoare, prin intermediul încrucișării repetate a liniei restauratoare cu linia normală nerestauratoare. Mai frecvent se folosește tehnica recomandată de R. C. Eckhardt în 1953, fiind cea mai simplă (fig. 90).

Se presupune că linia *C*, din cele patru linii care participă în formula hibridului dublu, urmează a fi transformată din normală nerestauratoare în restauratoare de fertilitate. Din testările efectuate anterior se știe că o altă linie *B* posedă capacitatea de restaurare a fertilității liniei androsterile *A*, precum și a hibridului simplu mamă $A \times B$. Procesul de transformare începe cu încrucișarea liniei *Acms* cu linia restauratoare *BRfRf*. A doua încrucișare se execută între hibridul F_1 $A \times B$, restaurat, care conține citoplasmă sterilă și genele *Rfrf* cu linia *C* pe care dorim să o transformăm în restauratoare. Încrucișarea a doua se execută după formula $(A \times B)$ citoplasmă *S* și genotip $Rfrf \times C\, rfrf$. Dintre descendenți se reține plantele fertile cu gena *Rf*, care se reîncrucișează cu linia *C*.

Din fiecare generație se reține plantele fertile, care se reîncrucișează. După cîteva încrucișări se trece la autopolenizarea repetată a plantelor fertile pînă se ajunge la obținerea unei linii identice liniei *C*, dar restauratoare de fertilitate *RfRf*, cu citoplasmă sterilă. Înlăturarea efectului de androsterilitate citoplasmatică de către gene localizate în cromozomi prezintă cel mai clar exemplu de interacțiune dintre nucleu și citoplasmă.

Prin aceasta se aduc noi dovezi despre suportul material al eredității, localizat în citoplasmă, demonstrate prin:

— menținerea androsterilității la forma maternă, în cazul cînd polenizatorul este lipsit de genele restauratoare *RfRf*;

— transformarea liniilor fertile nerestauratoare în forme androsterile, prin transferul genotipului patern în citoplasmă maternă;

— restaurarea fertilității în urma interacțiunii dintre genele citoplasmatice, condiționatoare de sterilitate și genele *RfRf* din nucleu;

— transformarea liniilor fertile nerestauratoare în linii restauratoare de fertilitate.

Scanned with OKEN Scanner

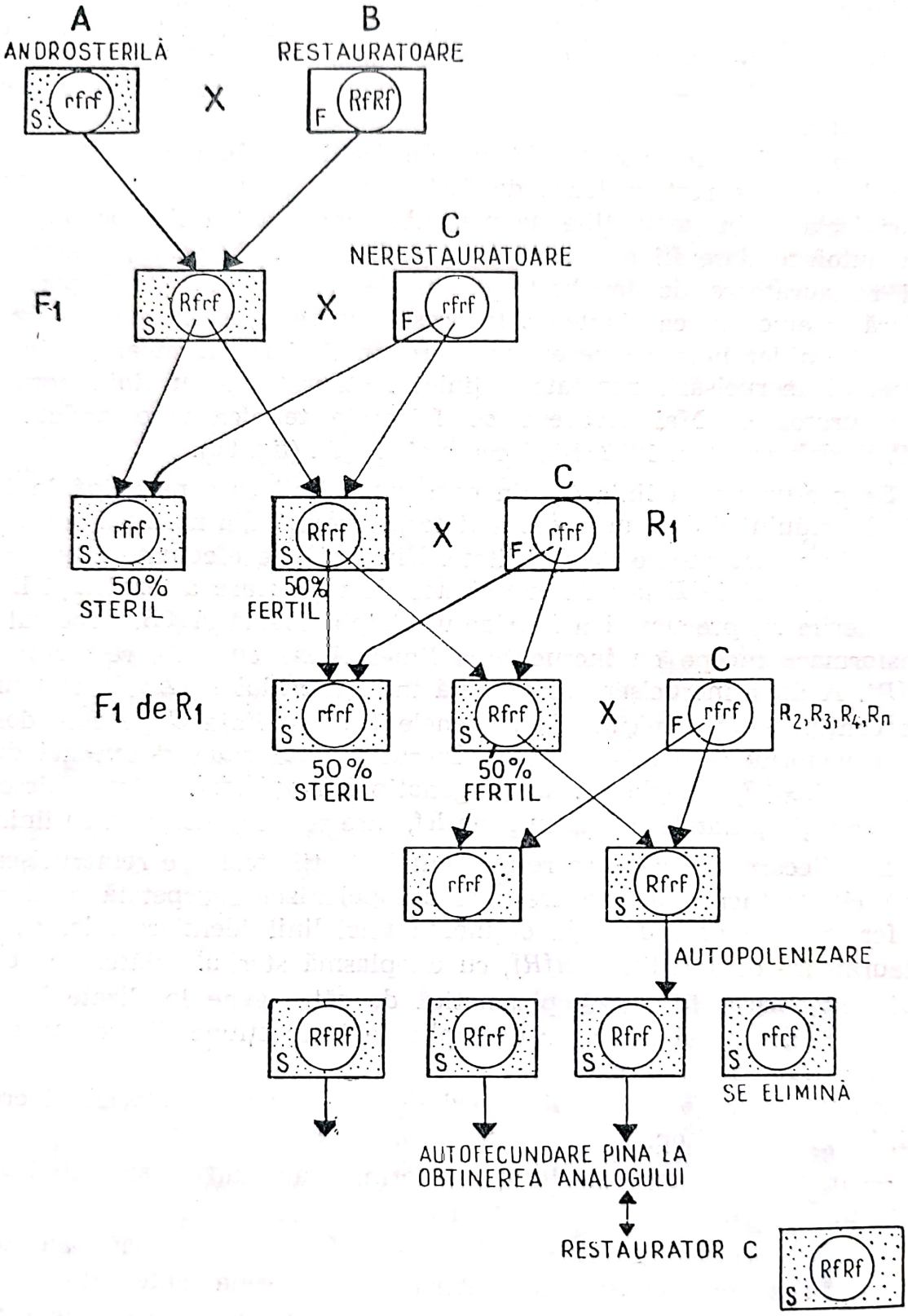


Fig. 90. Schema transformării liniilor androfertile nerestauratoare în linii restauratoare.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 18

BAZELE BIOCHIMICE ŞI MOLECULARE ALE EREDITĂŢII

18.1. Natura chimică, structura macromoleculară şi rolul acizilor nucleici în ereditate

Acizii nucleici — constituenţii de bază ai cromozomului. Descoperirea naturii biochimice a eredităţii şi descifrarea structurii macromoleculare au fost realizările care au făcut ca genetica să devină una dintre cele mai importante ştiinţe biologice.

Cunoaşterea mecanismului cromozomic al eredităţii a permis apariţia unor ipoteze conform cărora acizii nucleici ar avea un rol major în sinteza proteinelor. W. T. Astburg (1939) şi T. Caspersson afirmă că prin intermediul acizilor nucleici se asigură autoreproducerea materiei vii. După cel de-al doilea război mondial Max Perutz şi John Kendrew au stabilit că acidul dezoxiribonucleic (ADN) este constituentul de bază al cromozomului. În acelaşi timp, A. W. Pollister constată că celulele conţin cantităţi diferite de ADN în funcţie de gradul de poliploidie, la celulele haploide (x) fiind de 1,68 iar la cele diploide, $2x$—3,16 şi 12,8 la celulele octoploide.

După anul 1940, natura biochimică şi structura macromoleculară a eredităţii este studiată de colective de cercetători folosind metode moderne de citochimie, citofiziologie, citofotospectometrie şi analize chimice cantitative la nivelul celular şi apoi la nivelul cromozomic. Cercetătorii din Cambridge, Max Perutz şi John Kendrew au demonstrat că baza materială a cromozomului este constituită din acid dezoxiribonucleic în conjugare cu o proteină, combinaţie numită *nucleoproteină*. S-a reuşit ca apoi acizii nucleici să fie izolaţi, stabilindu-se că ei pot îndeplini rolul nucleoproteinelor, avînd o importanţă mai mare decît proteina de care sînt legaţi.

Nucleoproteinele, în cadrul cărora rolul important revine acizilor nucleici, reprezintă 96% din corpul spermatozoizilor şi chiar 100% din nucleii unor eritrocite. Nucleoproteinele din nucleu sînt alcătuite din acid dezoxiribonucleic (ADN), o cantitate mică de proteine şi o foarte mică parte de acid ribonucleic (ARN).

O nouă metodă de analiză, *metoda spectrofotometrică*, perfecţionată de T. Caspersson (1950) şi J. Brachet (1955), a permis ca A. Boivin, A. Vendreley şi C. Vendreley să stabilească în 1959 constanţa conţinutului de ADN în celulele tuturor organelor din cadrul unei specii. S-a stabilit, de asemenea, că în intervalul interfază-profază cantitatea de ADN se dublează, pentru a permite diviziunii mitotice să ducă la formarea de celule-fiice, care să nu difere de cele iniţiale prin conţinutul de ADN. Se aduc astfel primele date care determină capacitatea de autoreproducere a ADN-ului.

În aceeaşi perioadă F. Griffith (1928) şi O. Avery (1944) au demonstrat experimental rolul genetic al ADN-ului.

F. Griffith a inoculat în sîngele şoarecilor ser compus din pneumococi viabili nevirulenţi de tip *R* şi pneumococi virulenţi de tip *S*,

Scanned with OKEN Scanner

omorîți prin căldură. Pneumococii erau diferiți morfologic, cei nevirulenți fiind necapsulați, iar cei virulenți capsulați. În urma inoculării șoarecii au murit de pneumonie, iar pe cultura de agar s-a constatat că pneumococii avirulenți împrumutaseră, în afara agresivității, și forma capsulată de la tipul virulent (fig. 91, 92).

Grupul de cercetători O. Avery, C. McLeod și N. Mc. Carty și-au propus să stabilească natura chimică a substanței care transformă pneumococii avirulenți în virulenți. Pentru aceasta ei au extras ADN de la pneumococii virulenți de tip *S* și l-au introdus în mediul de cultură împreună cu pneumococii avirulenți de tip *R*. S-a constatat că o parte din pneumococii virulenți necapsulați s-au transformat în pneumococi virulenți capsulați. Prin aceasta s-a dovedit că factorul transformator este acidul dezoxiribonucleic extras din pneumococii virulenți.

Rolul ADN-ului în ereditate a fost confirmat prin experiențe similare la pneumococii sensibili la streptomicină, care au fost transformați în pneumococi rezistenți la streptomicină prin tratarea lor cu ADN extras din pneumococi rezistenți.

Cercetări asemănătoare au fost efectuate de către Fraenkel Conrat și R. Williams (1956) asupra virusurilor, care conțin numai acid ribonucleic, cum sînt: virusul mozaicului tutunului (VMT), virusul poliomielitei, encefalitei și la unii bacteriofagi. În constituția VMT se întîlnesc 94% proteine și 6% ARN. Prin metode chimice, ARN a fost separat de proteine și s-au executat infecții separate cu ambii constituenți, stabilindu-se că numai ARN viral posedă însușirea de a provoca infecția. Se stabilește că la virusuri, acidul ribonucleic are rolul de a transmite informația genetică și de a determina sinteza proteinelor specifice virusului.

Pentru dezvoltarea cu succes a geneticii moleculare o importanță deosebită au avut experiențele lui O. T. Avery, C. M. McLeod și M. Mc. Carty (Institutul Rockefeller din New-York) prin care s-a stabilit că acidul dezoxiribonucleic posedă capacitatea de a transmite informația genetică de la o bacterie la alta, cu condiția ca acestea să fie înru-

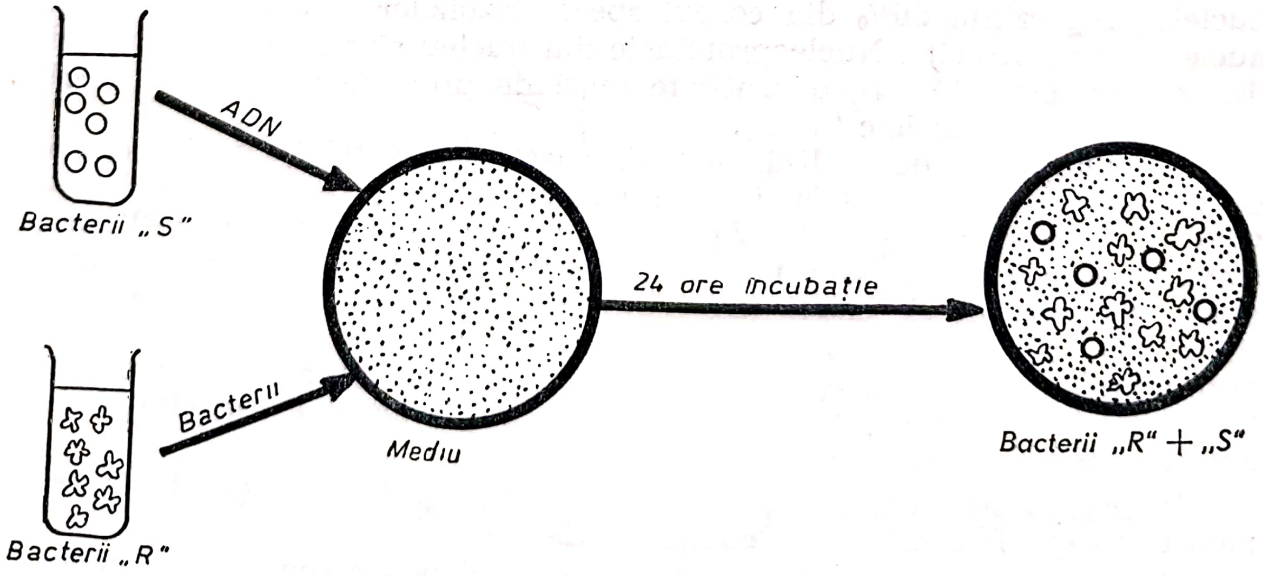


Fig. 91. Stabilirea rolului genetic al ADN-ului în experiențele lui Griffith.

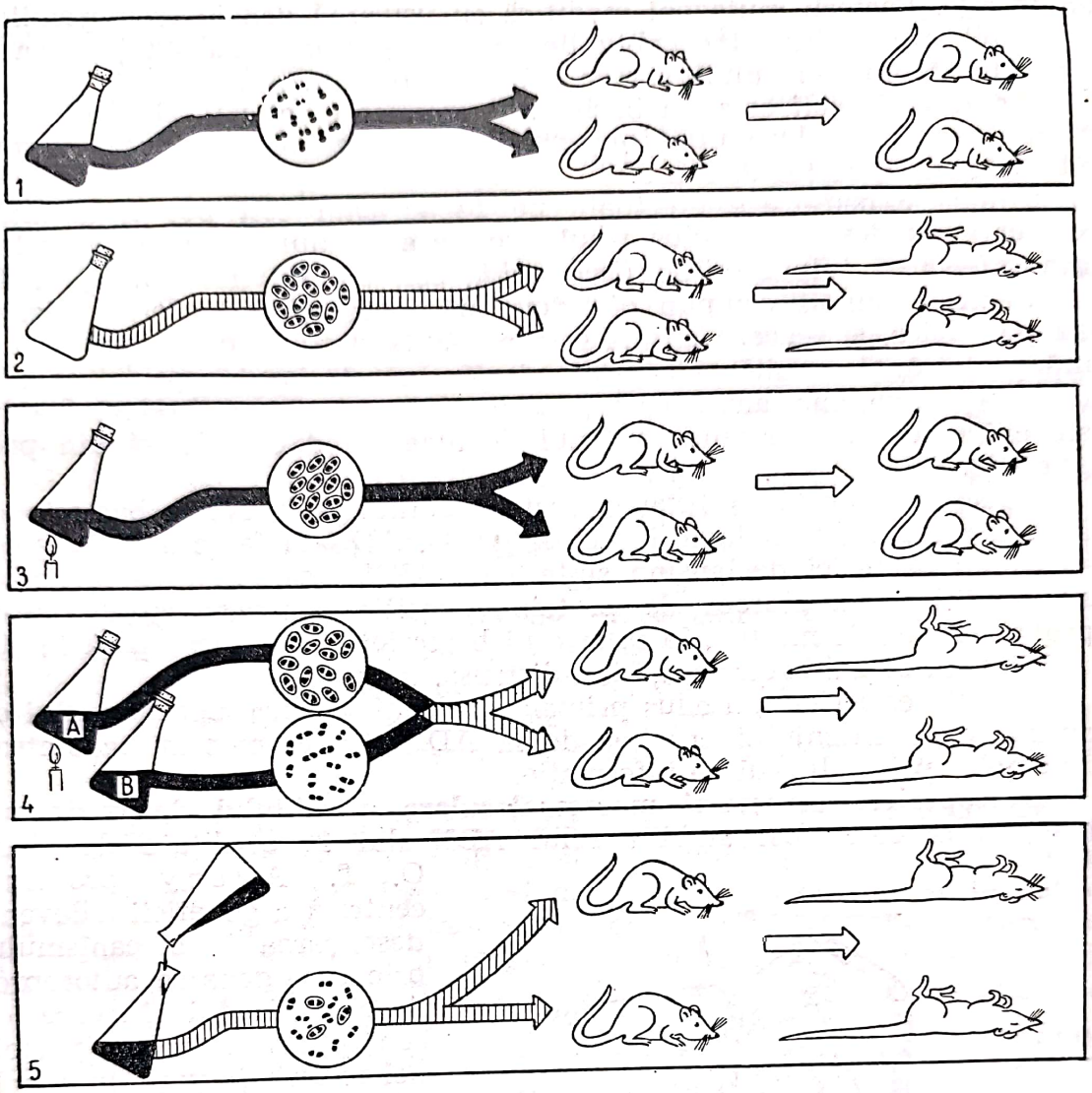


Fig. 92. Stabilirea rolului genetic al ADN-ului în experienţe cu şoareci:
1 — inocularea cu pneumococi necapsulaţi avirulenţi; *2* — inocularea de pneumococi capsulaţi virulenţi; *3* — inocularea de pneumococi capsulaţi virulenţi omoriţi prin temperatură; *4* — inocularea cu pneumococi avirulenţi normali în amestec cu pneumococi virulenţi omoriţi prin temperatură; *5* — inocularea cu extract obţinut din pneumococi virulenţi în amestec cu pneumococi avirulenţi, vii. (Din *Molecules to Man*).

dite sau să aparţină aceleiaşi specii. Descoperirea lui O. T. Avery a fost apreciată ca cea mai importantă după formulareà teoriei cromozomice a eredităţii. Experienţele lui Avery au asigurat trecerea spre genetica biochimică-moleculară, obiect adecvat de cercetare devenind microorganismele *Neurospora crassi* şi *Escherichia coli*.

Neurospora crassa (clasa *Ascomycetaes*) are un ciclu vital predominat de haplofază şi înmulţire vegetativă. Se poate înmulţi şi sexuat, după ce parcurge o scurtă fază diploidă. Celula-mamă a sporilor formează cîte 8 ascospori, din fiecare ascospor rezultînd un organism haploid. Ascosporii pot fi extraşi separat, permiţînd astfel studiul detaliat al segregării şi crossing-overului. Numărul de cromozomi $n=7$. *Neurospora crassa* se cultivă foarte uşor în condiţii de laborator, durata unei generaţii fiind

de 14 zile. Factorii mutageni modifică cu uşurinţă genele cromozomilor, mutantele fiind adesea incapabile de a sintetiza diferite substanţe, ceea ce a permis stabilirea rolului genelor în sinteza proteinelor.

Escherichia coli este un bacil cu reproducere sexuată şi conţine un singur cromozom, durata unei generaţii este de numai 20 minute, iar mutabilitatea este destul de mare.

Dintre experienţele efectuate pe *Escherichia coli* pot fi amintite cele care au dovedit în plus rolul genetic al acidului dezoxiribonucleic prin infectarea tulpinilor de *Escherichia coli* cu bacteriofagii T_2 şi T_4.

Bacteriofagii se compun din două părţi: capsula, de formă sferică sau poliedrică, şi teaca. Capsula este alcătuită dintr-o membrană de natură proteică, denumită şi capsidă virală. În interiorul capsidei se află ADN fagic, proteine, aminoacizi şi amine bibazice. Teaca bacteriofagului este cilindrică şi reprezintă organul de atac, fiind constituită din proteine (fig. 93).

Infectarea constă în fixarea bacteriofagului pe peretele bacteriei şi pătrunderea ADN-ului fagic în celula gazdă. ADN-ul fagic modifică metabolismul bacteriei declanşînd sinteza de ARN mesager, care la rîndul său condiţionează sinteza de proteine specifice bacteriofagului. Peste aproximativ 30 de minute, în interiorul bacteriei se formează pînă la 300 bacteriofagi, celula bacteriană fiind distrusă.

Această experienţă a adus primele explicaţii asupra mecanismului de transmitere a mesajului ereditar de la ADN din cromozomi la sinteza proteinelor prin ARN-ul de informaţie.

Descoperirea structurii macromoleculare a acidului dezoxiribonucleic. După ce a fost stabilit rolul ADN-ului în ereditate de către O. T. Avery problema centrală a geneticii a devenit descifrarea mecanismului prin care gena se autoreproduce şi modul în care ea condiţionează sinteza proteinelor. Primii paşi în rezolvarea acestei probleme îi fac M. Wilkins, James D. Watson şi Francis Harry Crick de la Universitatea din Cambridge (Anglia), care au stabilit structura bicatenară macromoleculară a acidului dezoxiribonucleic.

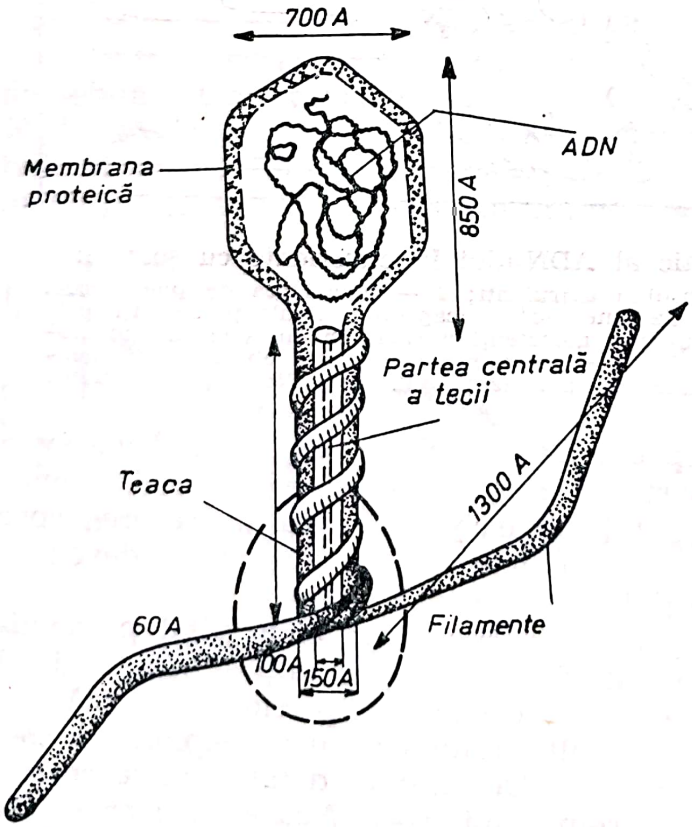


Fig. 93. Structura bacteriofagului.

Descoperirea structurii bicatenare elicoidale a permis lui Watson şi Crick să prevadă mecanismul replicaţiei genei şi apoi descifrarea cu succes a codului genetic. Pe baza modelului bicaternar elicoidal al mole-

Scanned with OKEN Scanner

culei de ADN, G. Gamow (1954) emite ipoteza conform căreia acizii nucleici deţin codificată informaţia ereditară necesară biosintezei proteinelor. F. Crick (1957) confirmă această ipoteză şi demonstrează componenţa codului genetic din triplete de baze azotate, iar J. Taylor explică replicarea filamentelor de ADN prin despiralizare şi sinteză de noi nucleotizi în timpul diviziunii mitotice, şi anume în interfază, care pînă atunci era considerată „repaus celular". Lanţul descoperirilor despre codul genetic este continuat de către S. Ochoa, M. Nirenberg, H. Khorana, R. N. Noely, M. Goulian şi alţii.

Toate acestea au permis descrierea poziţiilor pentru fiecare nucleotid în molecula de ADN, obţinerea de acizi nucleici *in vitro,* descrierea procesului de biosinteză a proteinelor, controlul genetic al biosintezei proteinelor şi chiar sinteza artificială a genelor.

Genetica moleculară şi biochimică au răspuns astfel la întrebarea pe care Johannsen şi-o punea la începutul secolului XX: „or fi oare genele formaţiuni chimice"?. În 1969 ziarul „New-York Times" anunţa marea realizare a unui grup de cercetători de la facultatea de medicină a universităţii Harvard din Cambridge Massachussetts (S.U.A.) de a fi reuşit sub conducerea lui J. Beckwith să izoleze gena ca element chimic de bază al eredităţii, iar în anul 1970, cercetătorii japonezi fotografiază lanţuri de nucleotide de numai 15 angstromi şi în acelaşi an O. Miller şi Ch. Thomas au fotografiat pentru prima dată o genă bacteriană în plină acţiune.

În anul 1970, Har Gobing Khorana de la Institutul de tehnologie din Massachussetts a realizat sinteza unei gene, pornind de la compuşi organici simpli. Peste trei ani, acelaşi colectiv a sintetizat o genă care reprezintă copia fidelă a unei gene de bacterie — *Escherichia coli,* stabilind că numărul de nucleotide din care se compune această genă simplă este de 126. Gena sintetizată de colectivul condus de H. G. Khorana conţinea toată informaţia necesară pentru programarea sintezei unei substanţe celulare din metabolismul bacteriei.

Cercetătorii de la Massachussetts au determinat şi secvenţa nucleotidelor care condiţionează oprirea sintezei proteinelor sau gena „stop". Urmează ca genetica să rezolve sinteza genelor cu secvenţe de mii de nucleotide.

Structura chimică a acizilor nucleici. Acizii nucleici sînt substanţe chimice macromoleculare alcătuite din componenţi mai simpli denumiţi *nucleotide.* O nucleotidă se compune dintr-o bază azotată, dintr-un zahar şi un radical fosforic. Bazele azotate sînt de două tipuri: *purinice* şi *pirimidinice.*

Dintre bazele azotate purinice, în componenţa acizilor nucleici intră *adenina* şi *guanina,* uneori derivaţii lor, iar din cele pirimidinice *citozina, uracilul* şi *timina.* În componenţa macromoleculelor de acizi nucleici, la unele specii, au fost stabiliţi şi derivaţi ai bazelor pirimidinice.

Compoziţia chimică a acidului ribonucleic diferă de ADN prin doi componenţi: dintre zaharuri macromolecula de ADN conţine *dezoxiriboza,* în timp ce ARN conţine *riboză,* iar baza azotată *timina* întîlnită la ADN este înlocuită la ARN cu *uracil* (tabelul 10).

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 10

Compoziția chimică a moleculelor de ADN și ARN

Componenți chimici	ADN	ARN
Baze purinice	Adenina Guanina	Adenina Guanina
Baze pirimidinice	Citozina Timina	Citosina Uracil
Radicalul fosforic	Acidul fosforic	Acidul fosforic
Zaharuri	Dezoxiriboza	Riboza

Nucleotidele sînt unitățile de bază ale acizilor nucleici. Ele se formează din unirea unei baze azotate cu un zahar, riboza sau dezoxiriboza, obținîndu-se *nucleozide* care prin fosforilare devin *nucleotide.*

În structura chimică a macromoleculelor de acizi nucleici se întîlnesc patru tipuri de nucleotide, natura lor fiind determinată de existența celor patru tipuri de baze azotate. Moleculele de acizi nucleici se obțin prin inserarea liniară a mai multor nucleotide.

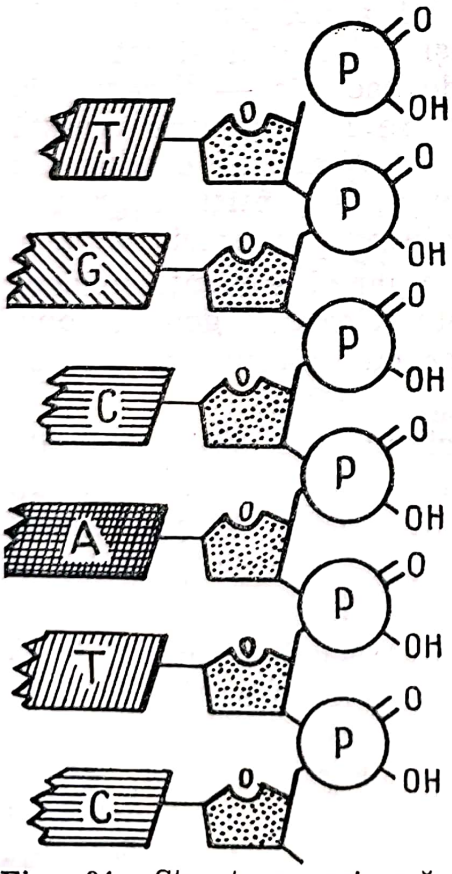


Fig. 94. Structura primară, monocatenară a acidului dezoxiribonucleic.

În scheletul chimic al nucleotidelor, acidul fosforic și zaharul ocupă partea exterioară a filamentului, iar baza azotată constituie partea interioară, centrală (fig. 94).

Structura chimică bicatenară a ADN-ului se completează prin unirea mononucleotidelor. Unirea se face între bazele purinice cu cele pirimidinice după o regulă strictă, fiecare bază purinică putîndu-se uni numai cu o anumită bază pirimidinică. Adenina se unește printr-o legătură dublă de hidrogen cu timina (A—T), iar guanina cu citozina (G—C) printr-o legătură triplă. Legătura chimică în care succesiunea de pe o catenă determină ordinea perechilor de baze de pe catena opusă se numește *legătură complementară* (fig. 95).

Împerecherea complementară asigură o concentrație egală între conținutul bazelor purinice și pirimidinice, conținutul de adenină fiind egal cu cel al timinei, iar al guaninei cu cel al citozinei.

Scanned with OKEN Scanner

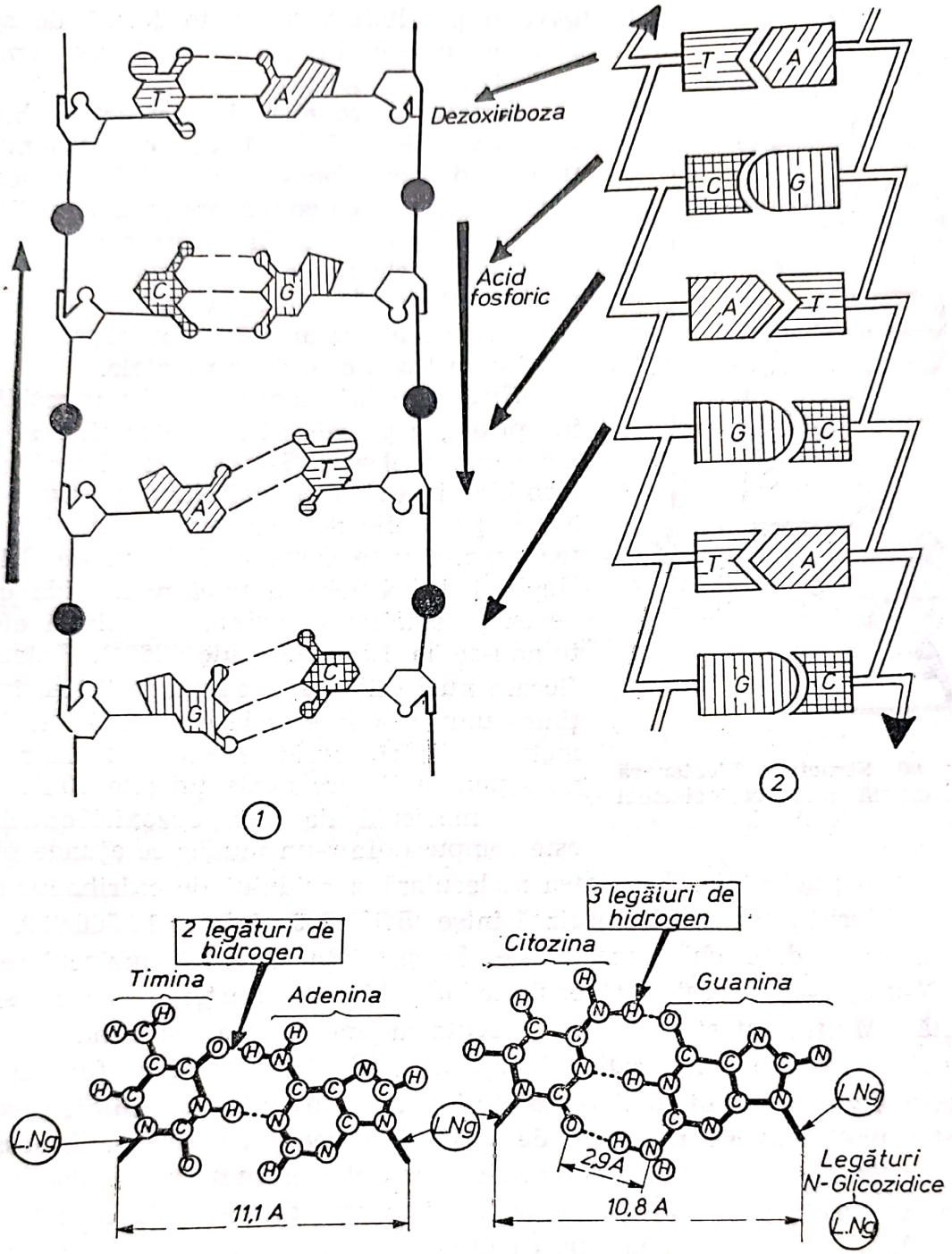


Fig. 95. Structura secundară a macromoleculei de ADN:
1 — legăturile duble și triple prin punți de hidrogen; *2* — succesiunea nucleotidelor.

Structura macromoleculară a acizilor nucleici. Pornind de la concluziile raportului de egalitate între adenină-timină, citozină-guanină, în cadrul unei molecule de ADN și folosind metoda de fotografiere cu radiații Roentgen, M. Wilkins, F. Crick și J. Watson au stabilit în anul 1953 structura bicatenară a ADN-ului. Ei au constatat că acidul dezoxiribonucleic se compune din două filamente de nucleotide cu confi-

Scanned with OKEN Scanner

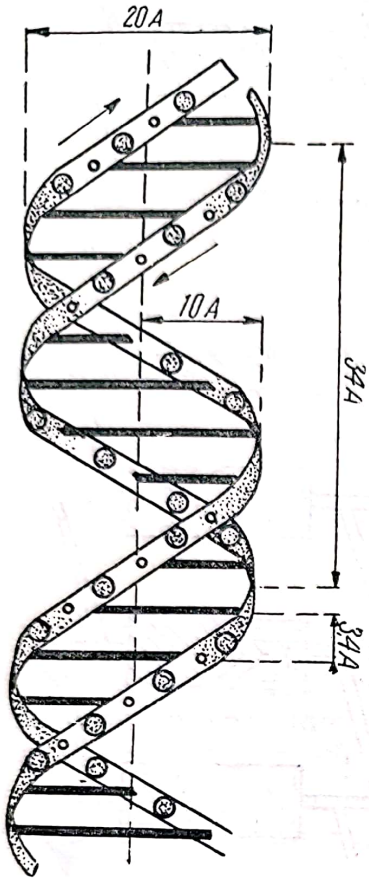


Fig. 96. Structura bicatenară helicoidală a macromoleculei de ADN.

guraţie paralelă, răsucite în formă de spirală elicoidală în jurul unui ax comun (fig. 96).

Catenele care alcătuiesc structura bicatenară a moleculei de ADN au direcţii opuse, una fiind ascendentă, iar cealaltă descendentă. Fiecare catenă reprezintă o polinucleotidă dintr-un număr foarte mare de nucleotide. Nucleotidele sînt legate între ele prin punţi de hidrogen, care unesc perechile de baze azotate asemănător cu treptele unei scări care leagă cele două paralele.

Structura bicatenară, polinucleotidică, în spirală, a permis să se determine şi dimensiunile spiralei. S-a stabilit că unei nucleotide îi revine în spirală o porţiune de 3,4 Å, perechile de baze, unite complementar repetîndu-se după o distanţă de 3,4 Å. Unghiul de răsucire a unei nucleotide este de 36°, răsucirea completă în spirală efectuîndu-se la 10 nucleotide (360°). Întrucît fiecare nucleotid ocupă o zonă de 3,4 Å, înălţimea unui pas de spirală este de 34 Å. Diametrul spiralei elicoidale este de 20 Å, revenind pentru fiecare nucleotid cîte 10 Å.

O moleculă de acid dezoxiribonucleic este compusă dintr-un număr ce ajunge pînă la 30 000 nucleotide. Greutatea moleculară a acidului dezoxiribonucleic, după diferiţi autori, este cuprinsă între 5 850 000 pînă la 16 500 000, iar după unele date chiar mai mare. În privinţa greutăţii moleculare a ADN-ului s-au înregistrat rezultate deosebite în funcţie de specia studiată. Mulţi autori consideră greutatea moleculară ca fiind dependentă de mărimea moleculei de ADN, care este diferită în funcţie de specie. În ultimii ani, unii cercetători pun în discuţie posibilitatea existenţei unei singure molecule de ADN în fiecare cromozom. În cazul acesta, marea variabilitate observată în valorile greutăţii moleculare sînt uşor explicate prin mărimea cromozomilor care diferă de la o specie la alta. În anul 1960, s-a propus ca greutatea moleculară să se determine în funcţie de lungimea moleculelor ADN, o porţiune de un angström avînd o greutate moleculară de 20 400.

Secvenţa nucleotidelor pe o singură catenă alcătuieşte *structura primară* a acizilor nucleici, unirea catenelor prin punţi de hidrogen alcătuieşte *structura secundară*, răsucirea catenelor în jurul axului constituie *structura terţiară*, iar interacţiunea dintre două sau mai multe molecule bicatenare reprezintă *structura quaternară* a acizilor nucleici.

Scanned with OKEN Scanner

18.2. Acizii ribonucleici

Au fost stabilite trei tipuri de ARN, deosebite prin funcţionalitatea lor: *mesager* sau *de informaţie, solubil* sau *de transport* şi *ribozomal.* La ribovirusuri a fost determinat un tip aparte de ARN, care are acelaşi rol biologic ca şi ADN celular sau viral.

Molecula de ARN este mult mai mică decît molecula de ADN, are o greutate moleculară şi un număr de nucleotide mai mic. Greutatea moleculară a acidului ribonucleic oscilează între zece mii şi cîteva milioane, iar numărul nucleotidelor între 50 şi 6 000.

Spre deosebire de ADN, acidul ribonucleic este alcătuit, de regulă, dintr-o singură catenă polinucleotidică. Uneori pe anumite porţiuni se pot forma şi structuri bicatenare prin unirea bazelor complementare care pot veni în contact. A. C. Spirin (1963) susţine că 50—60% din molecula de ARN are regiuni dublu catenare.

ARN mesager *(ARN—m)* sau *ARN de informaţie (ARN—i).* Este singurul ARN în care succesiunea perechilor de baze este identică cu succesiunea lor din molecula de ADN (catena generativă) din cadrul speciei respective. Acidul ribonucleic mesager se formează dependent de ADN din nucleu, care îi transmite informaţia ereditară pe care el o transferă mai departe în citoplasmă în procesul de biosinteză a proteinelor. Tocmai datorită acestei funcţii de transmiţător al informaţiei genetice a fost denumit ARN-mesager.

În celulă ARN-m reprezintă aproximativ 2% din cantitatea totală de ARN din celulă, cea mai redusă dintre tipurile de ARN. Greutatea lui moleculară oscilează între 100 000 şi cîteva milioane; este extrem de heterogen ca mărime şi extrem de instabil, avînd o existenţă de numai cîteva minute deoarece ia parte la sinteza proteinelor. S-a constatat că în celulele diferenţiate, cum sînt globulele roşii şi celulele ficatului la animalele superioare, ARN-m este metabolic stabil. În unele zone ale moleculei poate avea o structură bicatenară. Prin ARN-m se transmite specificitatea ereditară de la ADN la locul de biosinteză a proteinelor.

ARN solubil *(ARN—s),* denumit şi *de transfer* sau *de transport ARN—t.* Are cea mai mică greutate moleculară, de numai 20 000—40 000, fiind format şi din cel mai mic număr de nucleotide, numai 50—100. S-a constatat că rolul principal al acestui acid nucleic este de a transporta aminoacizii la ribozomi, în punctele de sinteză a proteinelor. ARN solubil este stabil, ca şi ARN ribozomal. Conţinutul ARN—s din celulă este de 10—15% din totalul acidului ribonucleic celular. Raportul adenină/uracil şi guanină/citozină este aproape de 1.

ARN-s a fost izolat pentru prima dată în anul 1957 de către M. B. Hoagland. La un capăt al moleculei (C^3) se găseşte tripleta de nucleotide C—C—A, iar la capătul celălalt (C^5) molecula se încheie cu o nucleotidă ce conţine guanină. În structura secundară a moleculei de ARN-s se succed porţiuni monocatenare şi mai multe regiuni bicatenare, încît molecula are forma unei frunze de trifoi.

Pentru transferul fiecărui aminoacid există o secvenţă specifică şi universală de nucleotide, adică secvenţele respective transferă acelaşi aminoacid la toate speciile, indiferent de poziţia lor filogenetică. Recent

Scanned with OKEN Scanner

s-au stabilit secvențele de nucleotide care transferă tirozina și serina, acestea fiind constituite dintr-un număr de peste 60 unități.

Transferul aminoacizilor la locul de sinteză proteică se face în stare activă, realizîndu-se într-o interacțiune cu enzime specifice, ca aminoacil—ARN—sintetaza, care împreună cu acidul ATP participă la atașarea aminoacidului în secvența de nucleotide din ARN-s care îl transportă în stare activă. Mecanismul biochimic — genetic care asigură recunoașterea fiecărui aminoacid de către molecula de ARN-s, cu care aceștia vin în contact, nu este încă pe deplin elucidat.

ARN ribozomal *(ARN-r)*. Reprezintă 70—80% din cantitatea totală de ARN celular. Este localizat în ribozomi, constituind 60—70% din corpul acestora. Se compune din acid guanilic 31,5%, acid adenilic 25,2%, acid citidilic 21,6% și acid uridilic 21,7%. Raportul purină/pirimidină=1,33, iar $\frac{\text{adenină}}{\text{guanină}} + \frac{\text{uracil}}{\text{citozină}} = 0{,}88$.

ARN-r are o greutate moleculară de 1,5 pînă la 2,0 milioane, fiind compus dintr-un număr de nucleotide de la 4 mii pînă la 6 mii. Structural, ARN-r se compune din porțiuni monocatenare care alternează cu porțiuni bicatenare în helix, dînd moleculei o formă neregulată.

Funcția ARN-r nu este încă stabilită pe deplin. Se presupune că el intervine indirect în procesul de sinteză proteică, avînd rolul de a orienta molecula de ARN-m, făcînd posibilă decodificarea mesajului genetic prin dirijarea aminoacizilor activați la locul de inserare în molecula proteică. Împreună cu ARN-s, ARN-r reprezintă 98% din ARN celular.

Datele prezentate arată că succesele geneticii moleculare sînt mari, reușindu-se să se stabilească o serie de particularități biochimice și structurale ale acizilor nucleici ca suport de bază al eredității.

În ultimii ani s-a încercat să se elucideze aspectele structurii cromozomului atît la procariote cît și la eucariote. La virusuri și bacterii răspunsul este destul de clar: cromozomul reprezintă o moleculă de ADN pur care, de obicei, are o formă circulară.

La eucariote au fost accesibile studii asupra cromozomilor din ocitele vertebratelor înainte de diviziunea reducțională, pe baza cărora s-a ajuns la concluzia că în orice punct de pe lungimea cromozomului există o singură moleculă de ADN. Cu toate acestea, cunoscutul genetist Watson arată că privitor la structura cromozomilor plantelor și animalelor superioare cunoștințele de ordin fundamental sînt încă destul de sărace. Relația dintre moleculele individuale de ADN și cromozomii vizibili la microscop rămîne încă extrem de confuză. Incertitudinea se datorește configurației cromozomilor, care este foarte neregulată. Cromozomii contractați nu pot fi studiați în detaliu la microscopul electronic, iar în stare de despiralizare structura nu poate fi urmărită din cauza neuniformității. În cazurile cînd s-a reușit studiul filamentelor despiralizate s-a constatat că acestea, față de molecula de ADN, au diametre mult mai mari decît cele ale unei molecule fibrilare de ADN, ajungînd pînă la 50—70 Å, în timp ce molecula de ADN are un diametru de 20 Å.

O altă problemă neclarificată este modul cum în cromozomul eucariotelor se realizează legătura moleculelor de ADN în centromer și cum se continuă molecula în brațul celălalt.

Scanned with OKEN Scanner

18.3. Însușirile acizilor nucleici

Acizii nucleici se deosebesc de alți constituenți celulari printr-o serie de însușiri, ca: specificitatea, autoreproducerea, tautomeria, denaturarea, renaturarea, heterogenitatea și altele.

Specificitatea acizilor nucleici. Structura chimică și moleculară a acizilor nucleici și proteinelor prezintă o serie de particularități, în funcție de specie, fiind identică la indivizii aceleiași specii dar diferită în comparație cu alte specii. Deosebirile sînt mai mici cînd speciile aparțin aceluiași gen, decît atunci cînd fac parte din genuri diferite.

Speciile de plante, animale și bacterii conțin molecule de ADN, ARN și proteine care se deosebesc unele de altele prin greutatea moleculară, prin raportul perechilor de baze azotate care alcătuiesc, în mare parte, molecula de ADN și ARN, prin raportul aminoacizilor din moleculele de proteină, prin numărul de nucleotide, care alcătuiesc structura dublă a spiralei de ADN și ARN, prin numărul de aminoacizi din care se compun moleculele de proteine și prin multe altele.

Specificitatea moleculelor de ADN, ARN și proteine este dictată de ordinea în care se succed perechile de baze în moleculele de ADN și ARN și de ordinea succesiunii aminoacizilor din moleculele de proteine. Cercetările de biochimie întreprinse de E. Chargaff au arătat că raportul dintre $\frac{\text{guanină}}{\text{adenină}} + \frac{\text{citozină}}{\text{timină}}$ este de 0,66 la om, 0,94 la grîu etc. (tabelul 11).

Autoreproducerea (replicația acidului dezoxiribonucleic). După ce s-a stabilit rolul pe care îl are ADN în ereditate, s-a ajuns la concluzia că ereditatea și toate însușirile fundamentale ale materiei vii sînt strîns legate de proprietatea celulei de a reproduce molecule de ADN care să poată transmite celulelor-fiice informația ereditară și în același timp să coordoneze sinteza proteinelor specifice tipului de specie sau rasă.

În prezent este bine știut că macromoleculele de ADN se autoreproduc înainte de diviziunea mitotică a celulei. Mecanismul de replicare a ADN-ului a fost descris după anul 1956, deși ipoteza clară a acestui proces fusese enunțată de către Watson și Crick în 1955. Un aport deosebit la descrierea replicației moleculei de ADN au adus M. Meselsohn, W. Stahl (1958) și J. H. Taylor (1964).

Pentru demonstrarea procesului biochimic de autoreproducere a moleculelor de ADN, J. H. Taylor a folosit semințe de bob *(Vicia faba)* germinate pe mediu radioactiv de timidină marcată cu tritium. În urma germinației pe mediul radioactiv, cromozomii devin și ei radioactivi. La microscop, radioactivitatea cromozomilor se observă sub formă de microgranule.

După apariția radicelelor, semințele au fost transferate într-o soluție apoasă de colchicină, fără timidină radioactivă. Colchicina a permis diviziunea cromozomilor și totodată a produs contractarea lor, dar a inhibat diviziunea celulară. Numărul cromozomilor la *Vicia faba*, $2n$ este de 12. Prima diviziune a avut loc sub acțiunea timidinei radioactive, ambele cromatide fiind astfel purtătoare de radioactivitate (fig. 97). A doua diviziune s-a desfășurat pe mediul fără timidină radioactivă, cromozomii proveniți din această diviziune avînd o singură cromatidă radioactivă.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 11

Conținutul bazelor azotate în % și raportul GC/AT

Specia	Raportul bazelor în %				Raportul Guanină—Citozină
	Guanină	Citozină	Adenină	Timină	Adenină—Timină
Omul	19,9	19,8	30,9	29,4	0,66
Taurinele	21,2	21,2	29,0	28,7	0,74
Găina	20,5	20,5	28,8	29,2	0,72
Viermele de mătase	22,5	21,9	28,6	27,2	0,79
Grîul	23,8	24,6	25,6	26,0	0,94
Ceapa	18,4	18,2	31,8	31,3	0,58
Fasolea	20,6	20,1	29,7	29,6	0,69
Drojdiile	18,3	17,4	31,7	32,6	0,55
Aspergilus niger	25,1	25,0	25,0	24,9	1,00

Experiențele lui J. H. Taylor au confirmat ipoteza duplicării moleculei de ADN înainte de a începe diviziunea mitotică. Concluziile au fost verificate și la alte obiecte în care s-a folosit metoda autoradiografiei și atomi marcați de P^{32}. S-a constatat că duplicarea se desfășoară asincronic în diferiți cromozomi. Pe același cromozom, duplicarea nu cu-

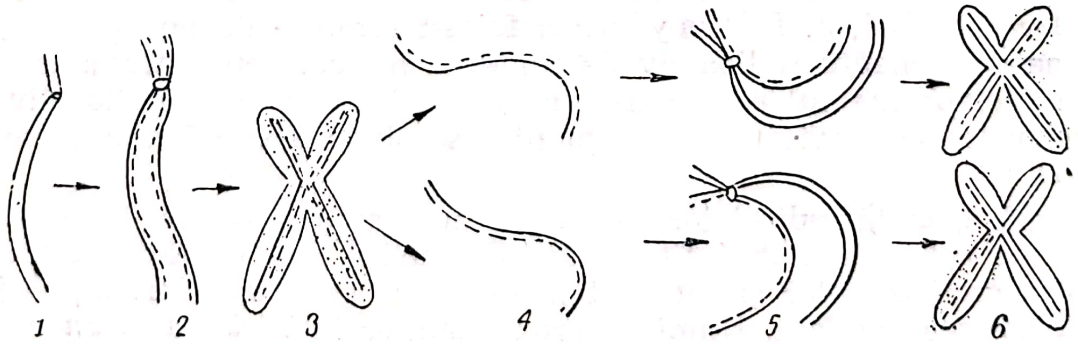


Fig. 97. Determinarea autoreproducerii cromozomilor și cromatidelor prin metoda autoradiografiei:
1, 2, 3 — interfaza, profaza și metafaza sub acțiunea timidinei marcate; *4, 5, 6* — aceleași faze pe mediu fără timidină marcată.

Scanned with OKEN Scanner

prinde simultan toată lungimea moleculei de ADN. Timpul de duplicare este de la 2 pînă la 12 ore.

Procesul de replicare a moleculei de ADN se desfășoară în trei etape distincte. *În prima etapă* are loc despiralizarea macromoleculei, urmată de ruperea legăturilor de hidrogen la una din extremitățile lanțului bicatenar. Desprinderea catenelor se continuă asemănător unui fermoar. Se realizează scindarea macromoleculei în două catene polinucleotidice separate în carioplasma nucleului. Odată cu declanșarea despiralizării macromoleculei de ADN, în carioplasma nucleului începe sinteza de nucleozide. *În a doua etapă* fiecare catenă se dublează după preferințele împerecherii complementare a bazelor, formînd o macromoleculă dublă identică celei inițiale. În acest proces, fiecare catenă de ADN servește ca matriță pentru reproducerea catenei perechi (fig. 98). *În etapa a treia,* sub acțiunea fermenților se întregește scheletul exterior alcătuit din radicalul fosforic și zaharuri.

Teoria autoreproducerii macromoleculei de ADN presupunea că desprinderea celor două catene începe la unul din capete și se continuă pe toată lungimea macromoleculei. În ultimii ani, J. Hubemann (1968) și J. Watson au obținut date în care demonstrează că replicarea ADN-ului este declanșată în mai multe puncte de pe cromozom, existînd probabil cîte o zonă de declanșare la fiecare 100 microni. Prin metoda autoradiografiei s-a constatat că, odată declanșată, replicarea continuă în ambele direcții, pînă se obține un nou cromozom (fig. 99).

Constatările din ultimii ani au stabilit că replicarea ADN-ului la *eucariote,* la *Escherichia coli* și *bacteriofagii* este asemănătoare. Rămîne de clarificat dacă și de-a lungul unei molecule de ADN există mai multe puncte de declanșare a replicării sau numai unul.

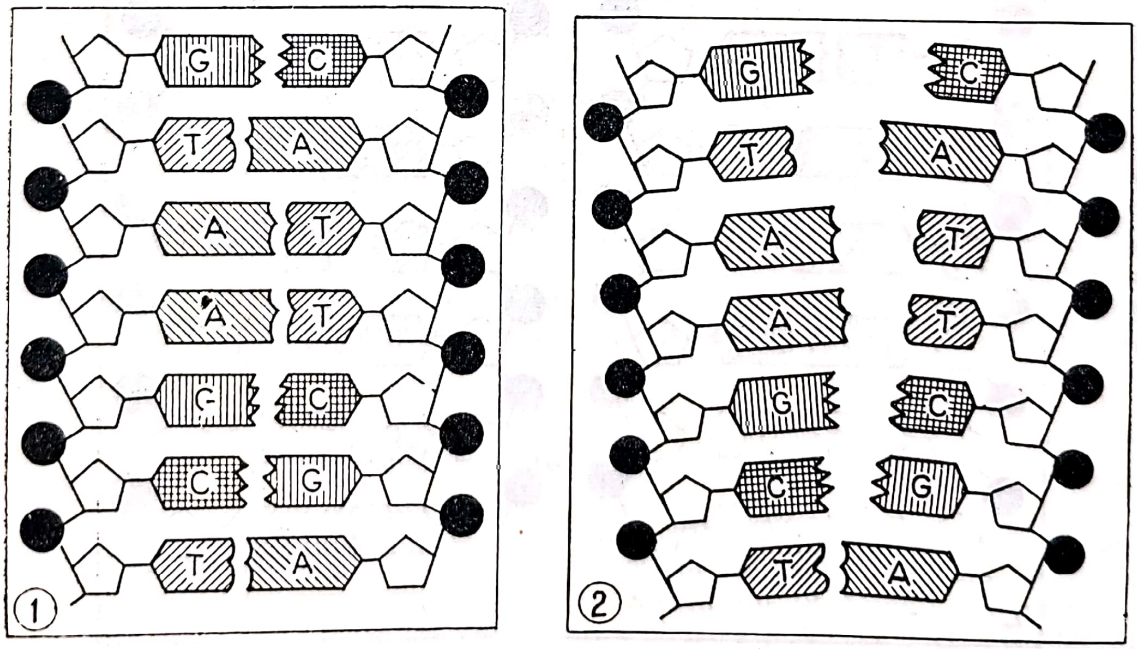
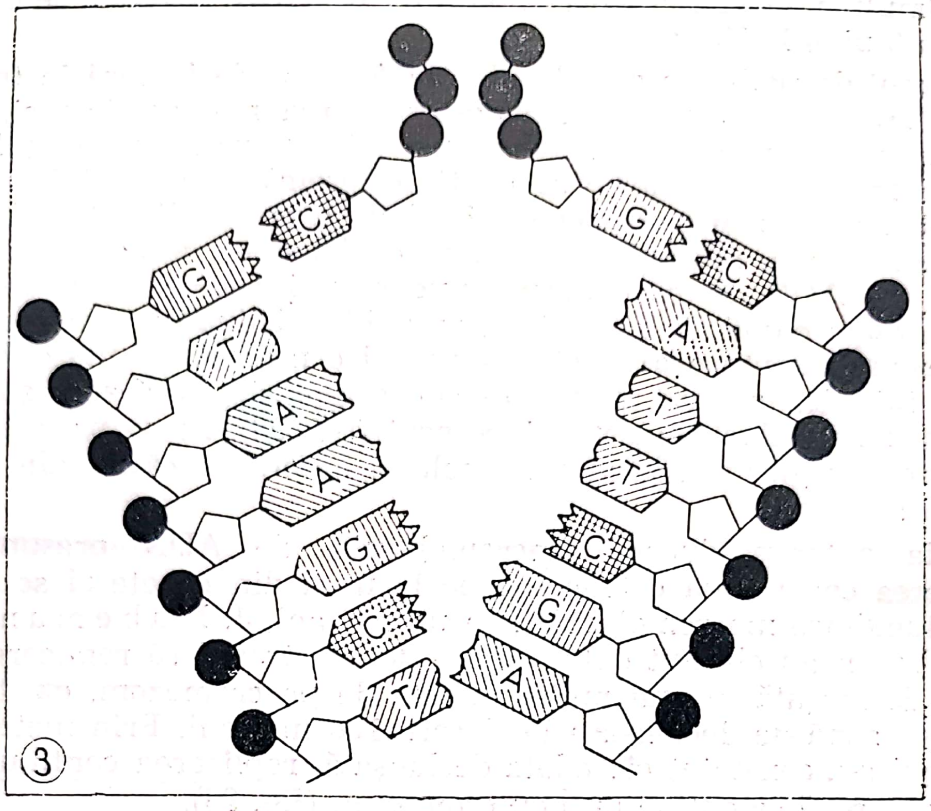


Fig. 98. Schema replicației moleculei de ADN:
1 — macromolecula de ADN despiralizată; *2* — desprinderea catenelor prin ruperea legăturilor de hidrogen;

Scanned with OKEN Scanner



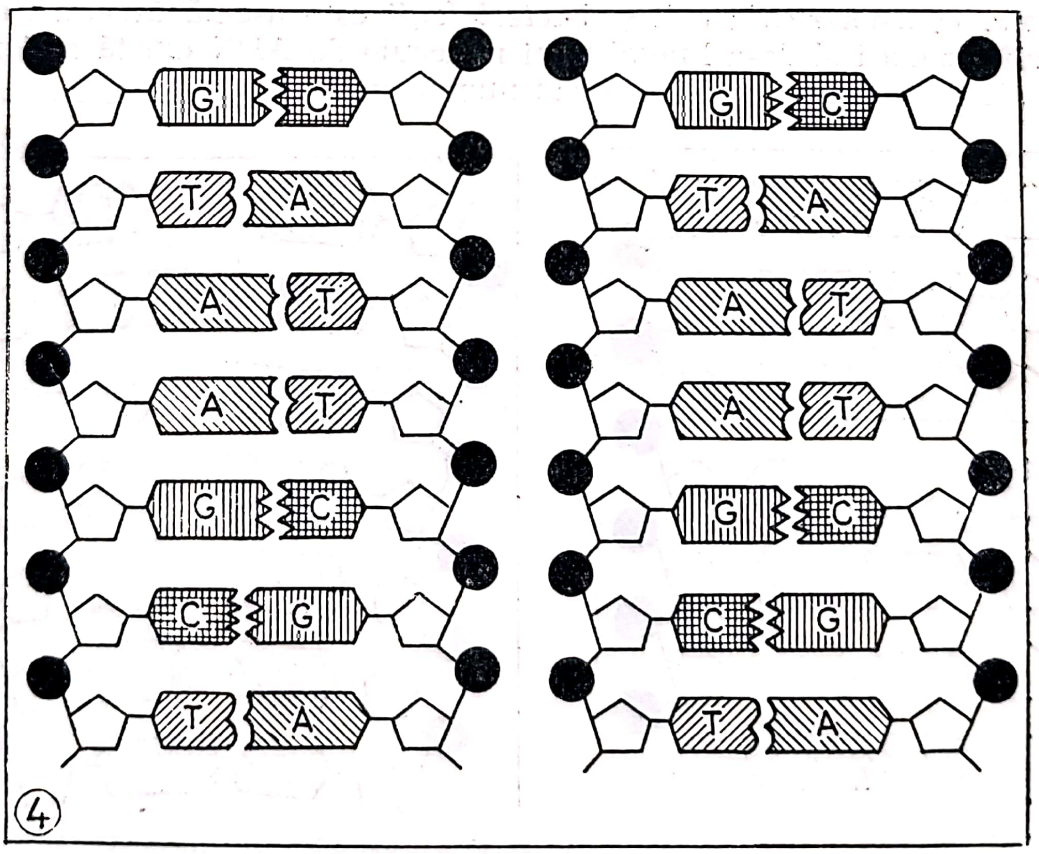


Fig. 98. Schema replicației moleculei de ADN:
3 — atașarea de noi nucleotide la catena solitară; *4* — două molecule-fiice de ADN identice cu cea inițială.

Scanned with OKEN Scanner

Unele particularităţi ale replicaţiei ADN se întîlnesc la bacteriofagii mici cum este $\phi \times 174$, la care ADN este monocatenar. S-a constatat că după pătrunderea bacteriofagului în celula gazdă, ADN monocatenar notat cu „+" serveşte drept matriţă pentru formarea catenei complementare „—", iar aceasta serveşte mai departe pentru reproducerea virusului, în principiu mecanismul de replicaţie rămînînd acelaşi.

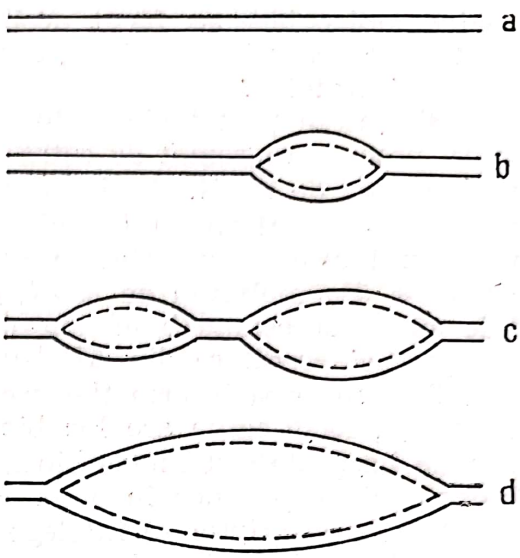


Fig. 99. Autoreproducerea cromozomului:
a — cromozomul înainte de autoreproducere; *b*, *c*, *d* — declanşarea autoreproducerii în mai multe puncte şi creşterea bidirecţională.

Mecanismul de replicaţie descris se numeşte *semiconservator*. Au mai fost enunţate încă două ipoteze şi anume *replicaţia de tip conservator* şi *replicaţia de tip dispersiv*. După ipoteza replicaţiei de tip conservator autoreproducerea s-ar produce alături de cea veche, fără a avea loc separarea catenelor. Ipoteza replicaţiei de tip dispersiv susţine că moleculele vechi de ADN se desprind în părţile componente care unindu-se cu materialul sintetizat în carioplasmă duc la apariţia de molecule de ADN în număr dublu. O moleculă de ADN poate conţine, după această ipoteză, atît nucleotide vechi, cît şi nucleotide noi.

Denaturarea şi renaturarea. Prin *denaturare* se înţelege desprinderea catenelor prin tratarea timp de 10 minute cu temperatură de 95°C. Revenirea treptată la temperatura normală duce la realipirea catenelor, fenomenul denumindu-se *renaturare*. Dacă răcirea se face brusc, catenele se menţin în stare denaturată.

Studiind fenomenul de denaturare a moleculei de ADN, M. Meselsohn şi F. Stahl (1958) au stabilit o nouă proprietate a ADN-ului, *formarea de ADN hibrid*. Ei au combinat două tipuri de ADN marcate cu diferiţi izotopi ai azotului, amestecul a fost supus denaturării la temperaturi ridicate şi apoi răcit lent. Analizînd rezultatul, alături de moleculele iniţiale de ADN, au fost stabilite şi *molecule hibride* corespunzătoare celor două tipuri de ADN combinate. Posibilitatea formării de ADN hibrid depinde de gradul de asemănare între moleculele de ADN introduse în experienţă.

18.4. Codul genetic şi sinteza proteinelor

Polimorfismul lumii organice este urmarea specificaţiei substanţelor proteice, care la rîndul ei este condiţionată de modul în care se succed cei douăzeci de aminoacizi din care se compun proteinele. În structura diferitelor molecule de proteine, aminoacizii se pot repeta de la 100 pînă la 100 000 de ori. Mecanismul biologic prin care este condiţionată ordinea de înscriere a aminoacizilor mult timp a rămas neclar. Succesele ge-

neticii moleculare au făcut posibil răspunsul la întrebarea: cum se înfăptuiește această succesiune, care este mecanismul de coordonare a specificației proteice?

Biosinteza proteinelor este un proces de mare complexitate biochimică, proces programat de către informația genetică înscrisă în structura moleculelor de ADN. Acidul dezoxiribonucleic coordonează sinteza proteinelor prin intermediul acidului ribonucleic mesager (de informație). Genotipul este reprezentat în nucleu de totalitatea substanței ereditare compusă din molecula de ADN, ereditate înscrisă sub formă de nucleotide cu o succesiune bine determinată pentru fiecare specie. Totalitatea informației ereditare din ADN-ul celulei se numește *mesaj genetic.*

Transmiterea informației ereditare de la ADN la ARN-m și apoi la ribozomi, locul unde are loc biosinteza proteinelor, este una din însușirile de bază ale sistemelor biologice. Acest proces de mare complexitate biochimică se produce în două etape: *transcripția și translația.*

Prin *transcripție* se înțelege procesul de transfer al informației genetice de la ADN la ARN-m, proces care are loc în nucleu și în care ADN servește drept matriță pentru sinteza moleculelor de ARN. Prin procesul de *translație* nucleotidele din ARN-m asigură succesiunea corespunzătoare a aminoacizilor în proteina nou sintetizată la nivelul ribozomilor. În procesele de transcripție și translație intervin desigur și o serie de enzime care pot frîna sau accelera procesele de biosinteză. Relația ADN—ARN—proteine a fost denumită în ultimul timp *„dogma centrală a geneticii"*. Datele de pînă acum demonstrează că existența acestui proces, care asigură perpetuarea materiei vii, datează de peste 3 miliarde ani.

Codificarea genetică a sintezei proteinelor poate fi comparată cu operațiile programate de cibernetică. Ea a cîștigat recunoaștere deplină încă din anul 1960.

Teoria informației genetice a fost elaborată pornindu-se de la principiul distribuirii liniare a genelor în cromozomi, completat cu descrierea structurii bicatenare a macromoleculei de ADN. Aceste realizări științifice au dus la presupunerea că succesiunea celor 4 tipuri de nucleotide de-a lungul moleculei de ADN, în combinații bine determinate, ar constitui codul prin intermediul căruia se programează succesiunea aminoacizilor în lanțul polipeptidic.

Noțiunea de codon și cod genetic. În anul 1963, F. Crick enunță noțiunea de codon și cod genetic. Prin *codon* se înțelege un grup de baze azotate care programează secvența aminoacizilor în lanțul de proteine. Nucleotidele care alcătuiesc codonul, spune F. Crick, nu pot fi localizate în macromolecule decît împreună.

Numărul de nucleotide din care este alcătuit codonul și modul în care sînt dispuși codonii în macromolecula de ADN a fost mult timp neclar. Experiențele întreprinse de M. W. Nirenberg și J. H. Matthaei (1961) au demonstrat că numărul de baze azotate care intră în alcătuirea unui codon este de 3, confirmînd ipoteza lui F. Crick. Au urmat apoi discuții și experiențe pentru clarificarea poziției bazei în codon și a ipotezei că o bază azotată ar putea participa în componența a doi codoni învecinați, presupunîndu-se existența codonilor suprapuși. S-a ajuns la concluzia că tripletele de baze azotate nu pot

Scanned with OKEN Scanner

fi suprapuse, dispunerea lor în codon fiind absolut liniară, de exemplu, C—T—C; C—T—G etc. Dispunerea liniară a codonilor constituie una din particularităţile lor de bază. În forma iniţială, teoria codului genetic aprecia că fiecare aminoacid este codificat de o tripletă de baze azotate şi deci urma să fie descoperiţi 20 de codoni.

Experienţele de pînă acum indică posibilitatea existenţei a 64 de codoni. Unii geneticieni consideră că numărul de codoni care depăşesc pe cel al aminoacizilor ar poseda o semnificaţie genetică încă necunoscută.

Multe clarificări asupra codului genetic au fost aduse în urma realizării *biosintezei in vitro* a ARN şi ADN. Primele molecule de ARN sintetizate in vitro au fost obţinute în 1955 la Universitatea din New York de către Marianne Grunberg-Manago şi Severo Ochoa. Sinteza in vitro a moleculelor de ADN a fost realizată în 1956 de către Artur Kornberg, I. Lehmann, M. Bessman şi E. Simms.

Folosindu-se de aceste mari realizări M. Nirenberg şi J. Matthaei au reuşit să obţină pe cale artificială o proteină simplă, pentru sinteza căreia au folosit un sistem necelular extras din *Escherichia coli* în care s-au introdus: ARN ribozomal, toţi aminoacizii, ARN-m artificial, poli U compus numai din baza azotată uracil şi o serie de enzime. În rezultat s-a obţinut o proteină al cărei lanţ polipeptidic era compus din secvenţele unui singur aminoacid — *fenilalanina*. Prin aceasta s-a demonstrat că secvenţa fenilalaninei este codificată de un codon compus numai din uracil.

În alte experienţe mai complexe s-a folosit acid ribonucleic compus din uracil şi adenină, în proporţie de 2:1. Ca rezultat, în sinteza proteinei a fost observată încorporarea aminoacidului *izoleucina*. Mărirea cantităţii de adenină a dus la încorporarea în molecula de proteină a aminoacidului *asparagină*. S-a stabilit astfel că tripleta de baze pentru coordonarea aminoacidului fenilalanină este UUU (uracil-uracil-uracil), pentru izoleucină UUA (uracil-uracil-adenină), iar pentru asparagină UAA (uracil-adenină-adenină).

Datorită cercetărilor întreprinse de S. Ochoa, M. Nirenberg şi alţi cercetători, în prezent sînt cunoscute tripletele care alcătuiesc codonii tuturor aminoacizilor (tabelul 12).

Dintre cei 64 de codoni cunoscuţi, numai 61 corespund diferiţilor aminoacizi. Aşa, de exemplu, codonii UAA şi UAG servesc pentru a marca sfîrşitul unei gene care codifică sinteza unui lanţ polipeptidic, iar UGA este un codon fără sens, el avînd rolul de a separa genele în cadrul mesajului genetic policistronic.

Din tabelul 12 reiese că acelaşi aminoacid poate fi codificat de mai mulţi codoni, cum este cazul serinei, care poate fi codificată de UCU, UCC, UCA şi UCG, iar arginina poate fi codificată de CGU, CGC, CGA, CGG, AGA şi AGG. Codonii care coordonează inserarea aceluiaşi aminoacid se numesc *degeneraţi*, fenomenul constituind o a doua particularitate biologică a codonilor.

La particularităţile codonilor, în afară de nesuprapunere şi degenerare, mai poate fi menţionată *absenţa unor semnale* speciale care să marcheze începutul sau sfîrşitul unui codon şi universalitatea lor, adică coor-

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 12

Tripletele de bază ale codului genetic (ARN)

Prima poziție a nucleotidei	A doua poziție a nucleotidei				A treia poziție a nucleotidei 3'
	U	C	A	G	
U	fenilalanină	serină	tirozină	cisteină	U
	fenilalanină	serină	tirozină	cisteină	C
	leucină	serină	stop	—	A
	leucină	serină	stop	triptofan	G
C	leucină	prolină	histidină	arginină	U
	leucină	prolină	histidină	arginină	C
	leucină	prolină	glutamină	arginină	A
	leucină	prolină	glutamină	arginină	G
A	izoleucină	treonină	asparagină	serină	U
	izoleucină	treonină	asparagină	serină	C
	izoleucină	treonină	lizină	arginină	A
	metionină	treonină	lizină	arginină	G
G	valină	alanină	acid aspartic	glicocol	U
	valină	alanină	acid aspartic	glicocol	C
	valină	alanină	acid glutamic	glicocol	A
	valină	alanină	acid glutamic	glicocol	G

donează inserarea aminoacidului respectiv, indiferent de gradul de evoluție al organismului în care se realizează biosinteza proteinelor.

Mulți oameni de știință consideră că evoluția chimică a materiei organice la nivelul codonilor a însemnat un pas hotărîtor spre apariția vieții. A. Rich (1962) apreciază că viața a putut să apară numai atunci cînd a început sinteza polinucleotidelor cu o anumită secvență de nucleotide, în conexiune cu sinteza polipeptidelor cu o secvență corespunzătoare de aminoacizi. Formarea codonilor este deci rezultatul evoluției materiei vii sub acțiunea condițiilor de mediu. Mediul este acela care și în prezent acționează continuu asupra modificării zestrei ereditare, asupra codonilor.

În decursul mileniilor, selecția naturală și cea artificială au asigurat păstrarea modificărilor avantajoase, speciile îmbogățindu-se treptat numai cu informația ereditară care a asigurat supraviețuirea celor mai adaptate, contribuind astfel la desfășurarea evoluției.

Biosinteza proteinelor este un proces biochimic de mare complexitate alcătuit din etape în care rolul de coordonator îi revine ADN-ului prin intermediul ARN-ului mesager, care transferă informația din nucleu în citoplasmă. În procesul de sinteză intervin, de asemenea, ARN de transport sau solubil și ARN ribozomal care constituie unul dintre pivoții principali (fig. 100).

Pentru declanșarea biosintezei proteinelor este nevoie ca aminoacizii, sintetizați în mitocondrii, să fie transportați la ribozomi, locul de

Scanned with OKEN Scanner

sinteză a proteinelor. Transportul se efectuează de către ARN-t, care are proprietatea de a se combina și de a transfera aminoacizii în stare activă. Aminoacizii în stare activă se unesc succesiv, în ordinea coordonată de ARN-m, formînd lanțul polipeptidic. După amplasarea aminoacidului de către codonul ARN-m în lanțul polipeptidic pe poziția indicată, ARN-t este pus în libertate și se începe un nou ciclu de sinteză proteică.

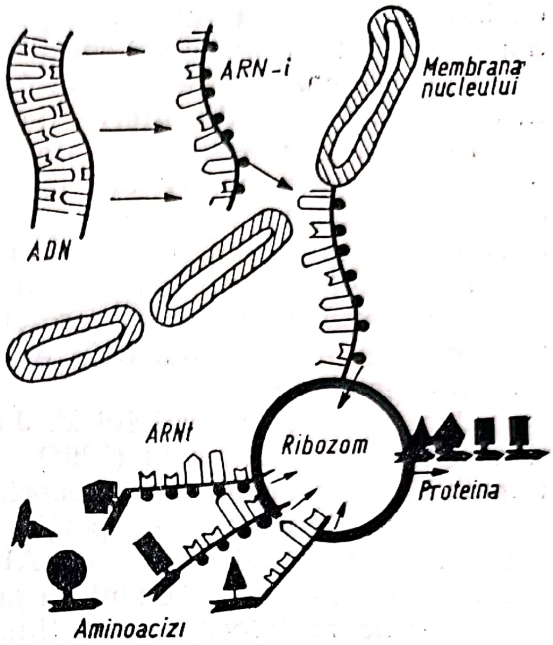


Fig. 100. Schema sintezei proteinelor.

Reglarea genetică a sintezei proteinelor. Biosinteza proteinelor este un proces diferențiat, permițînd asigurarea organismului cu proteine diferite care conferă țesuturilor și celulelor proprietăți și funcții foarte diverse.

Biosinteza proteinelor nu este un proces continuu, celulele sintetizează proteine numai în cantitățile necesare pentru funcționarea cea mai eficientă a sistemului. Biosinteza proteinelor nu poate fi reprezentată astfel ca un proces simplu, în linie dreaptă de la ADN la ARN-m și apoi la centrul de sinteză proteică. Cantitatea de proteine sintetizate influențează la rîndul ei viteza și chiar întreruperea procesului de biosinteză. De aceea, unele proteine sînt sintetizate intens, iar altele mai puțin sau deloc. În celula bacteriană, de exemplu, la un moment dat nu se sintetizează decît 1% din totalitatea proteinelor structurale și enzimelor pentru care există informația genetică în genom. Ca urmare a fost sugerată ideea existenței unui sistem genetic de control asupra sintezei proteinelor.

Datorită experiențelor întreprinse de geneticienii francezi F. Jacob și J. Monod (1967) s-a stabilit că reglarea sintezei proteinelor este de natură genetică și se realizează pe două căi principale:

— *prin inducție și represie enzimatică,* adică prin reglarea sintezei enzimelor;

— *prin retroinhibiție enzimatică,* adică prin modificarea activității enzimelor.

Inducția enzimatică este fenomenul prin care celulele au capacitatea de a produce enzimele necesare metabolizării unor substanțe care nu sînt de obicei prezente în mediu. F. Dienert a demonstrat existența acestui proces de reglare prin următoarea experiență: sușele de drojdie de bere crescute mai multe generații pe un mediu cu *lactoză* conțin enzima *lactază* și ca urmare după o oră de la incubație ele încep fermentația lactozei. Tulpinile ce nu au crescut pe mediu cu lactoză declanșează fermentația de abia după 14 ore de la incubație, ceea ce arată că prezența lactozei induce producerea lactazei de către celulele drojdiei. În acest proces, lactoza servește drept *inductor,* ea determină sinteza

enzimei lactază, care nu se găseşte în substrat şi ca atare prin inducţie să determine sinteza proteinei specifice.

Inducţia enzimatică este un fenomen de *adaptare enzimatică* a organismelor faţă de medii diferite de culturi.

Represia enzimatică este un fenomen opus inducţiei, avînd ca efect inhibarea sintezei pentru una sau mai multe proteine, deşi mediul oferă o astfel de posibilitate. Represorul nu este substrat al enzimei ca inductorul, ci un produs final al unui lanţ metabolic.

Retroinhibiţia enzimatică sau *inhibiţia prin feedback* este al treilea sistem de reglare a sintezei proteinelor, în care produsul final în cantitate mare inhibă enzima deja existentă care controlează prima etapă a lanţului metabolic.

Conform descoperirii lui F. Jacob şi J. Monod, care a fost distinsă cu premiul Nobel (1965), în reglarea genetică a biosintezei proteinelor sînt implicate trei categorii de gene:

— *gene structurale* — porţiuni din molecula de ADN care condiţionează formarea moleculelor de ARN-m, care, la rîndul lor, coordonează secvenţa aminoacizilor în sinteza proteinelor;

— *gene reglatoare* — porţiuni din molecula de ADN care cuprind informaţia necesară pentru sinteza represorilor specifici ce controlează activitatea genelor structurale;

— *gene operatoare* — porţiuni din molecula de ADN, amplasate la începutul unui operon, a cărui activitate o controlează prin interacţiunea lor cu un represor specific.

Pentru explicarea procesului de reglare genetică F. Jacob şi J. Monod au propus un model conform căruia cromozomii sînt constituiţi din unităţi de transcripţie denumite *operoni.*

Operonul este unitatea funcţională care conţine genele structurale necesare pentru transcrierea unei molecule de ARN-m.

Interacţiunea dintre genele reglatoare şi genele structurale se realizează prin *gena operatoare* sau *operator* astfel: represorul sintetizat de genele reglatoare poate fi în stare activă sau inactivă. În cazul cînd represorul este activ, el se fixează pe operator, provocînd reacţia de blocare a întregului operon. Prin aceasta, activitatea genelor structurale este sistată. Necesitatea sintezei proteinelor condiţionează inactivarea represorului, care nu se mai poate fixa pe operator, lăsînd liberă sinteza proteinelor (fig. 101).

Reglarea genetică a sintezei proteinelor are o mare importanţă pentru funcţionalitatea normală a organismelor, ei revenindu-i sarcina de a declanşa reacţiile biochimice din celulă, avînd în acelaşi timp şi un caracter adaptativ condiţiilor de mediu.

Ca exemple de reglare genetică (transcripţia diferenţiată a informaţiei) pot fi date multe procese care în consecinţă duc la o sinteză proteică diferenţiată. Amintim pe scurt doar citodiferenţierea şi diferenţierea sexelor la mamifere.

Citodiferenţierea este procesul prin care în cursul ontogenezei zigotul, în urma diviziunilor repetate, se modifică structural şi funcţional ducînd la formarea de ţesuturi şi organe.

S-a stabilit că citodiferenţierea este în esenţă o transcripţie diferenţiată a informaţiei genetice ce se realizează pe anumite zone cromo-

Scanned with OKEN Scanner

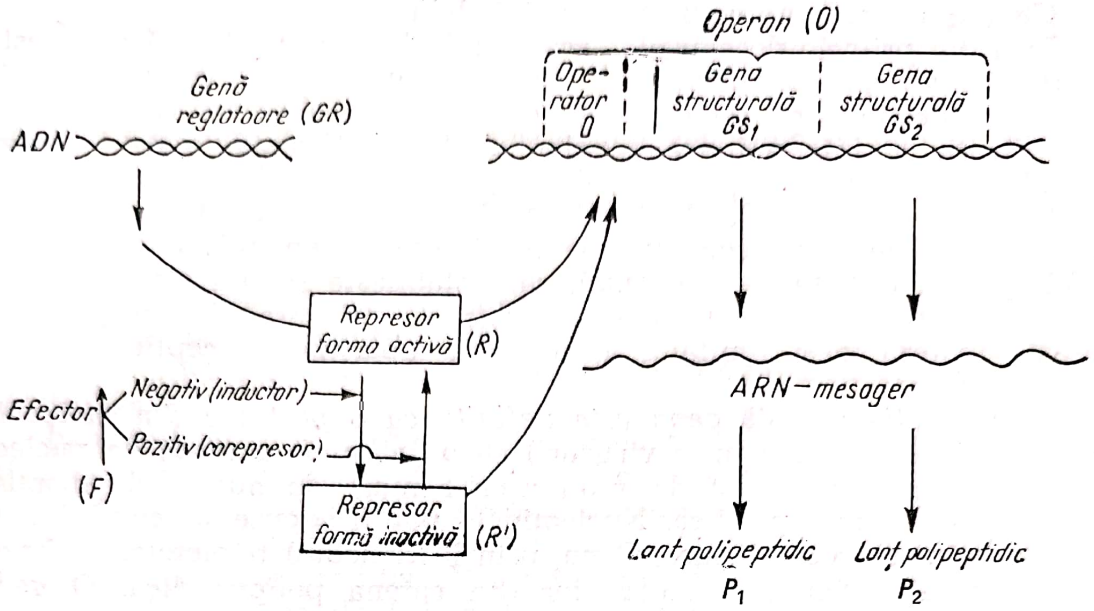


Fig. 101. Schema reglării genetice a sintezei proteinelor.

zomice, fenomen prin care are loc stimularea (inducția) activității unor gene și represia altora. În celulele cu un grad înalt de specializare, majoritatea genelor sînt în stare represată și numai una sau cîteva în stare funcțională.

Reglajul genetic și diferențierea sexelor. Cercetările din ultimii ani au stabilit că în diferențierea sexelor un rol important revine reglajului genetic. Altfel ar fi greu de explicat o serie de fenomene, și anume: indivizii afectați de sindromul Turner (*XO*) sînt femeli, dar sterili; cei cu *XXY* sînt masculi etc. S-a ajuns la concluzia că pe cromozomul Y se află gene reglatoare care comandă activitatea genei structurale masculinizante de pe cromozomul X eucromatic și în același timp blochează acțiunea genei feminizante de pe același cromozom X. La femei, pe cromozomul X heterocromatic se află gene reglatoare, care comandă activitatea genei structurale feminizante de pe cromozomul X eucromatic, ceea ce duce la apariția ovarului și o blochează pe cea a genei structurale masculinizante de pe același cromozom X eucromatic (P. Raicu — 1974).

18.5. Noțiunea de genă și evoluția sa

Noțiunea de factor ereditar propus de Gr. Mendel (1865), denumit *genă* de către Johannsen (1909) a suferit o evoluție treptată. Concepția clasică atribuia genei trei caracteristici de bază, și anume:

Gena ca unitate funcțională produce un anumit efect fenotipic, după care se poate deosebi un locus de altul.

Gena ca unitate mutațională se transformă din starea inițială în alta nouă, cu exteriorizări diferite.

Gena ca unitate de recombinare se poate separa în crossing-over și prin despărțirea independentă a perechilor de cromozomi.

Scanned with OKEN Scanner

Gena era concepută ca unitate indivizibilă.

Încă din primele decenii ale secolului XX s-a constatat că gena este o unitate mult mai complexă. S-a stabilit că un caracter nu este condiţionat întotdeauna de o singură pereche de gene şi că un rol hotărîtor îl au poziţia şi interacţiunea genelor. A fost infirmată, astfel, ipoteza *o genă — un caracter*.

În jurul anilor 1930, G. W. Beadle şi E. L. Tatum au stabilit că orice mutaţie la microorganisme inactivează o enzimă. S-a formulat astfel ipoteza *o genă — o enzimă,* care stabileşte relaţia strînsă dintre informaţia genetică şi activitatea biochimică pe care o condiţionează. Această ipoteză, deşi limitată, a favorizat apariţia concepţiei actuale despre genă.

În concepţia actuală *gena este definită ca o porţiune din molecula de ADN* (ARN în cazul unor virusuri) *cu o anumită secvenţă de nucleotide*. Gena este alcătuită dintr-un număr mare de nucleotide dispuse liniar într-o ordine specifică. Nucleotidele pot fi supuse procesului mutagen şi celui de recombinare. Gena, prin intermediul tripletelor de baze, condiţionează secvenţa aminoacizilor din catena polipeptidică. O genă este alcătuită din 900—1 500 de nucleotide.

Proteina alcătuită dintr-o singură catenă sau din mai multe catene identice este codificată de aceeaşi genă, iar molecula proteică formată din catene neidentice este codificată de un număr de gene corespunzător numărului de catene diferite.

În ultima vreme au apărut o serie de termeni noi şi anume: *mutoni* pentru unităţile mutabile din cadrul genei, *reconi* — pentru unităţile de recombinare şi *cistroni* — pentru cele mai mici unităţi funcţionale ale materialului genetic pe care pot avea loc mutaţii în orice punct.

Definiţia modernă a genei poate fi prezentată succint ca *o genă sau cistron — o catenă polipeptidică.*

CAPITOLUL 19

PROCESUL MUTAGEN — MUTAŢII SPONTANE ŞI INDUSE

Modificarea organismelor sau variabilitatea constituie una din proprietăţile de bază ale materiei vii. Variabilitatea se manifestă atît prin apariţia unor însuşiri noi, cît şi prin dispariţia altora. Unele modificări sînt condiţionate de schimbări intervenite în conţinutul calitativ sau cantitativ al patrimoniului ereditar, altele apar în procesul dezvoltării individuale, fără a fi fost afectată baza ereditară. Se disting astfel modificări fenotipice sau ontogenetice şi modificări genotipice.

Modificările fenotipice sînt acelea care apar în cursul dezvoltării individuale a organismului, adică în ontogeneză, sub influenţa condiţiilor de mediu, a vîrstei etc. şi care nu afectează baza ereditară. Modificările fenotipice nu se transmit la descendenţi şi nu prezintă importanţă pentru evoluţie.

Scanned with OKEN Scanner

Modificări genotipice. Posibilitatea organismelor de a suferi modificări transmisibile la descendenţi este considerată astăzi ca una dintre cele mai importante însuşiri ale vieţuitoarelor, fără de care evoluţia nu ar fi fost posibilă. Formele modificate genotipic se numesc *mutaţii.*

Modificările ereditare sînt condiţionate de zestrea ereditară din nucleu sau de cea din citoplasmă. După cum am văzut în capitolele anterioare, modificările citoplasmatice se transmit la urmaşi numai pe linie maternă.

Modificările ereditare condiţionate de genele localizate în cromozomi se împart în două categorii distincte:

a) modificări ereditare provenite din recombinarea genelor sau interacţiunea lor;

b) modificări ereditare condiţionate de restructurarea cantitativă sau calitativă a bazei ereditare din nucleu. Recombinarea şi interacţiunea genelor este fenomenul genetic care asigură apariţia de însuşiri noi în urma încrucişării de părinţi care se deosebesc între ei printr-o serie de caractere determinate ereditar. Recombinarea genelor devine astfel cheia succesului în crearea de forme cu însuşiri noi în procesul de ameliorare.

În urma recombinărilor de gene, baza ereditară rămîne neschimbată, atît cantitativ cît şi calitativ, modificările apărute fiind o urmare a schimbării poziţiei genelor sau o urmare a interacţiunilor nou create. De aceea, această categorie de variabilitate se mai numeşte şi *variabilitate combinativă.*

Mutageneza se ocupă numai de variabilitatea generată de modificarea cantitativă sau calitativă a bazei ereditare sub influenţa factorilor mutageni. Procesul mutagen poate afecta numărul de cromozomi, structura cromozomilor şi structura biochimică a genelor.

Clasificarea mutaţiilor. În funcţie de substratul genetic afectat, mutaţiile se clasifică în trei mari grupe.

1. *Mutaţii de genom sau modificarea numărului de cromozomi;* întîlnindu-se cazuri de multiplicare sau diminuare a numărului de cromozomi în întregime sau parţial.

2. *Mutaţii cromozomale* apar în urma restructurării cromozomilor sub acţiunea factorilor fizici (iradieri) sau chimici (substanţe chimice mutagene). Restructurările afectează cromozomii prin translocaţii, deleţii, inversii etc., fără a modifica numărul lor. Restructurările cromozomale pot fi observate la microscop, în special, în timpul diviziunii reducţionale.

3. *Mutaţii genice sau punctiforme* nu pot fi observate în structura cromozomilor prin intermediul microscopului. Ele apar în urma modificării structurii biochimice a genei. Mutaţiile genice se exteriorizează în fenotip prin modificarea unor însuşiri.

În afară de această clasificare, mutaţiile mai pot fi grupate şi după alte criterii în *mutaţii spontane* sau *induse, mutaţii generative* şi *somatice, mutaţii morfologice, biochimice* sau *fiziologice, mutaţii utile, neutre, negative, subletale* sau *letale* etc.

Identificarea şi frecvenţa mutaţiilor. Mutaţiile genice se întîlnesc la toate organismele, constituind o sursă importantă de variabilitate.

Modificarea genei iniţiale într-o stare nouă se numeşte *modificare directă.* Cea mai frecventă este modificarea genelor din stare dominantă

Scanned with OKEN Scanner

în recesivă. În cazul cînd caracterul este condiționat de o singură genă, modificarea recesivă se manifestă fenotipic doar în stare homozigotă, conform regulilor de monohibridare. Astfel, dacă una din genele AA s-a modificat în Aa, atunci gameții vor purta separat gena A și a, iar în condiții de autofecundare din libera combinație a gameților pot apare 25% indivizi homozigoți AA, identici cu forma inițială, 50% indivizi heterozigoți Aa, fenotipic asemănători formei inițiale, și 25% indivizi modificați recesivi aa. Modificarea unei gene recesive în dominantă se exteriorizează din prima generație.

S-a constatat că genele, atît cele dominante cît și cele recesive, se pot modifica în diferite direcții de recesivitate sau dominanță. Gena A se poate modifica în A_1, A_2, $A_3 \ldots A_n$, iar gena a în a_1, a_2, $a_3 \ldots a_n$. Se obține o serie de *alele multiple* pentru același locus, ceea ce face ca populațiile să devină din ce în ce mai heterozigote.

Diferitele forme ale desenului de pe frunzele de trifoi sînt condiționate de o serie de 10 gene alele, de asemenea autoincompatibilitatea în fecundație. La om este cunoscută seria de alele a genelor care condiționează grupele sanguine (I^A, I^B și i) și altele.

Frecvența modificării spontane a genelor, în condiții naturale, este foarte scăzută, depinzînd de la o zonă geografică la alta, în funcție de condițiile de mediu. În urma cercetărilor întreprinse în S.U.A., Suedia și alte țări s-a constatat că frecvența genelor modificate oscilează de la $\frac{1-5}{100\,000}$ pînă la $\frac{1}{1\,000\,000}$ de gene.

Unele caractere au o bază genetică constantă, iar altele variabilă. Un caracter instabil s-a dovedit a fi culoarea endospermului; la porumb, de exemplu, există o gamă bogată de culori de la alb pînă la violaceu antocianic închis (tabelul 13).

Tabelul 13

Frecvența mutațiilor pentru diferite gene la porumb (după A. Muntzing)

	Numărul de gameți cercetați	Numărul mutațiilor	Frecvența mutațiilor la 1 milion gameți
R	554 786	273	492
I	265 391	28	106
Pr	647 102	7	11
Sn	1 678 736	4	2,4
Y	1 745 280	4	2,2
Sh	2 469 285	3	1,2
Wx	1 503 744	0	0,0

Prin *frecvența mutațiilor* se înțelege raportul numeric dintre mutațiile apărute și numărul total al indivizilor din populația studiată.

19.1. Mutageneza naturală

Condițiile variabile ale mediului înconjurător au dus la modificarea continuă a speciilor de plante și animale. Mutațiile apărute spontan au fost supuse selecției naturale constituind baza evoluției organismelor.

Scanned with OKEN Scanner

Cultivarea plantelor și domesticirea animalelor au creat condiții noi pentru manifestarea mutațiilor naturale. Omul a început să aleagă exemplarele care corespundeau mai bine cerințelor sale. Printre mutațiile sesizate în mod conștient și descrise de om menționăm o formă de *Chelidonium majus* cu frunze adînc penate, descrisă în anul 1590 de către farmacistul Sprenger din Heidelberg. Modificarea a avut importanță de specie, deoarece din ea a evoluat specia *Chelidonium laciniatum.* Fragul monofil a apărut ca mutație spontană din fragul trilobat, mutația fiind descoperită de către horticultorul Duschensc în jurul anului 1761.

Ch. Darwin sublinia în *Originea speciilor* importanța mutațiilor pentru evoluție, arătînd că unele rase de animale și soiuri de plante au fost create pe această cale. El descrie rasa de oi merinos mătăsos ca fiind o mutație apărută în anul 1828 într-o turmă din Monchamp. Multe dintre rasele de porumbei și găini, atît de deosebite între ele, nu sînt altceva decît mutații apărute în decursul evoluției. Tot prin intermediul mutațiilor a apărut rasa de vaci de carne Hereford fără coarne, rasele de cornute cu patru coarne, rase de iepuri, suine monodactile, rasele de pești decorativi, bacterii rezistente la antibiotice și altele.

Francezul Pierre Louis Moreau de Maupertuis a descris, la mijlocul secolului al XVIII-lea, cazuri de maladii ereditare la om condiționate de gene modificate sub influența condițiilor de mediu.

Cauzele care duc la apariția de mutații sînt radiațiile ionizante și neionizante, șocurile de temperatură, diferite substanțe chimice, produși toxici de matabolism, erbicidele etc.

19.2. Mutageneza artificială

În perioada cînd naturalistul olandez Hugo de Vries elabora bazele teoriei mutaționiste, fizicianul german Wilhelm Conrad Röntgen a descoperit radiațiile care îi poartă numele (Röntgen) (1895), iar cu un an mai tîrziu (1896) Henri Becquerel descoperă radioactivitatea naturală a uraniului. Lanțul descoperirilor se continuă în anul 1898 prin evidențierea radioactivității radiumului și descoperirea unui nou element capabil de a produce radiații — poloniul, de către soții Marie și Pierre Curie.

La începutul secolului al XX-lea, radiațiile Röntgen au fost folosite în scopul obținerii de mutații la plante de către C. Stuart Gager în anii 1905—1910 și de către James T. Mavor (1920—1929) la *Drosophila melanogaster.*

Bazele științifice ale inducerii mutațiilor prin iradiere au fost elaborate de către H. Müller (1927), care a demonstrat posibilitatea măririi frecvenței mutațiilor, la *Drosophila melanogaster,* prin iradiere. Rezultatele sînt confirmate și la alte organisme de către L. Stadler (S.U.A., 1928), Nilson Ehle (Suedia, 1929), Delone, 1931 și Sapeghin, 1935 (U.R.S.S.) etc.

În urma experiențelor întreprinse s-au stabilit mai multe surse de radiații: *razele gama, razele Röntgen, razele alfa, razele beta, neutronii* și altele.

Scanned with OKEN Scanner

sînt reprezentaţi printr-o moleculă de ADN cu două filamente. Iradierea în acest stadiu produce vătămarea unui singur filament, dar peste un timp oarecare vătămarea se transmite şi filamentului omolog, ceea ce duce la fragmentarea cromozomului.

Mecanismul de fragmentare este prezentat în fig. 102 şi constă în următoarele: să presupunem că particulele ionizante au lovit în unul din filamentele moleculei de ADN provocînd o ruptură (fig. 102, *a, b*). Soarta acestei vătămări depinde de modul cum vor acţiona asupra porţiunii respective enzimele de refacere a ADN-ului. S-a constatat că de cele mai multe ori asupra porţiunii vătămate se îndreaptă o categorie specială de enzime care înlătură porţiunea lovită şi în urma unei reacţii de replicare a ADN-ului, de pe filamentul opus, nevătămat, se restabileşte integritatea moleculei lovite şi deci a cromozomului (fig. 102, *c, d*). Replicarea moleculelor de ADN din zonele neafectate de iradiere se produce cu o viteză redusă, pentru ca în acest timp să se refacă porţiunea eliminată, prin replicarea porţiunii corespunzătoare de pe filamentul paralel.

În unele situaţii, însă, enzimele de refacere nu identifică cu precizie poziţia filamentului vătămat. În astfel de cazuri, enzimele acţionează asupra porţiunii opuse, nevătămate, eliminînd o porţiune sănătoasă. Se produce astfel o fragmentaţie completă, care se transmite cromozomului (fig. 102, *e, f*)

Fragmentările cromozomilor pot fi studiate în metafază, cînd lungimea cromozomilor este mult redusă. În interfază, cînd, de regulă, se produc fragmentările, observarea lor nu este posibilă, din cauza lungimii filamentelor cromozomale, care este de 1 000 de ori mai mare decît în metafază. Dacă modificarea structurală indusă prin iradiere nu periclitează viaţa celulei, atunci ea se reproduce cu fiecare ciclu mitotic. În felul acesta toate celulele vor fi purtătoare de restructurări cromozomice care induc mutaţii. Restructurările cromozomice ce duc la mutaţii repro-

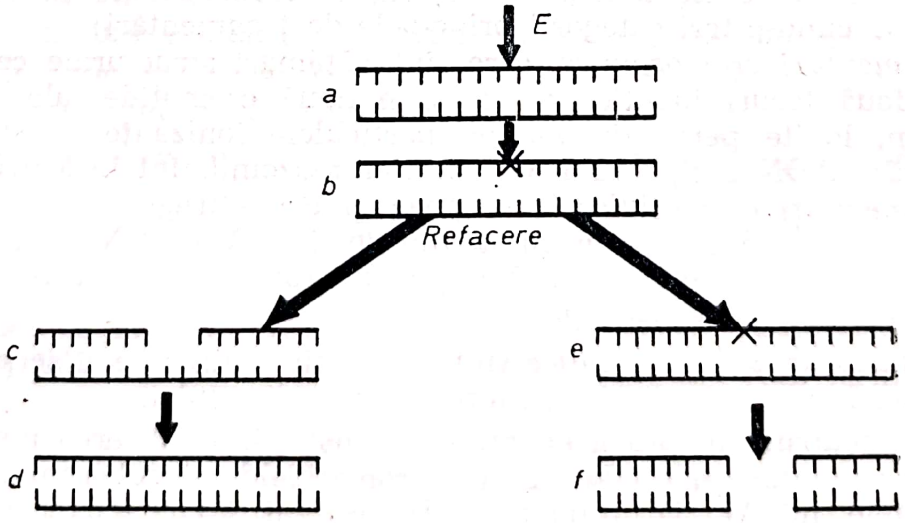


Fig. 102. Mecanismul fragmentării cromozomilor în urma iradierii (faza G_1):

E — energia radiaţiilor; *a, b* — se produce ruptura unei cromatide; *c, d* — refacerea rupturii sub acţiunea fermenţilor care elimină nucleotidele lovite, creînd condiţii de replicare în zona de pe filamentul opus; *e, f* — eroare de identificare, se elimină nucleotidele nevătămate producînd fragmentarea cromozomului.

Scanned with OKEN Scanner

a *b* *c*

Fig. 103. Efectul iradierii asupra plantelor în anul iradierii:
a și *b* — plante cu panicul transformat în știuleți; *c* — plantă cu două panicule (original).

ductibile pot fi clasificate, așa cum am văzut, în fragmentații, deficiențe, deleții, duplicații, adiții, inversii și translocații.

Restructurările cromozomale induse prin iradiere creează un dezechilibru genetic și metabolic în cadrul organismului, care se reflectă asupra plantelor prin inhibiția procesului de creștere (fig. 103).

Fragmentele cromozomice induse prin iradiere pot avea trei consecințe: se pierd în carioplasmă, fiind absorbite de aceasta în timpul diviziunilor celulare, se atașează pe cromozomul inițial sau pe alt cromozom, inducînd restructurarea materialului ereditar sau se multiplică în cadrul celulei sub formă de fragmente sau alte configurații solitare. După L e a și S a x, 90% din fragmentațiile cromozomice primare se pierd, producînd restructurări ale zestrei ereditare neobservabile la microscop.

Multe dintre aberațiile cromozomice și cromatidice pot fi observate în timpul diviziunii mitotice și apoi în cea meiotică. În timpul diviziunii mitotice, aberațiile cromozomice și cromatidice se manifestă sub formă de punți, în timpul separării spre cei doi poli, fragmente libere, micronuclei, cromozomi restanțieri și corpuri cromatice (fig. 104).

Tipurile de restructurări cromozomice pot fi identificate în diviziunea reducțională cînd fiecare formează configurații specifice (fig. 105).

Factorii care influențează efectele radiațiilor. Speciile de plante și animale au o radiosensibilitate uimitor de diferită. Dacă pentru unele specii de bacterii dezvoltarea poate fi inhibată numai cu 0,1 R, pentru altele este necesară o doză de peste 1 000 000 R. Semințele de crin își pierd germinația în urma iradierii cu o doză de 2 000 R, iar cele de ridiche, varză și in suportă doze peste 100 000 R. Efectul iradierii asupra cromozomilor depinde și de o serie de factori, dintre care cei mai importanți se arată în continuare.

Volumul nucleului. Cu cît volumul nucleului este mai mare, cu atît crește frecvența aberațiilor cromozomice induse prin iradiere. Formele tetraploide sînt mai radiosensibile, de asemenea și speciile cu cromozomi mai mari.

Scanned with OKEN Scanner

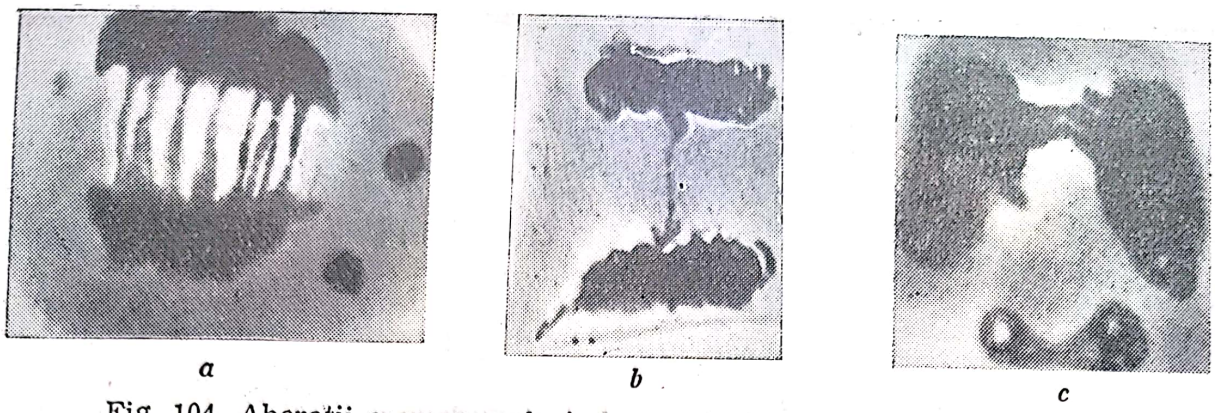


Fig. 104. Aberaţii cromozomale induse prin iradiere în mitoză la grîu:
a — telofază cu 10 punţi cromozomale şi doi micronuclei; *b* — telofază cu o punte cromatidică; *c* — teleofază cu două punţi complexe, una fiind între doi micronuclei (original).

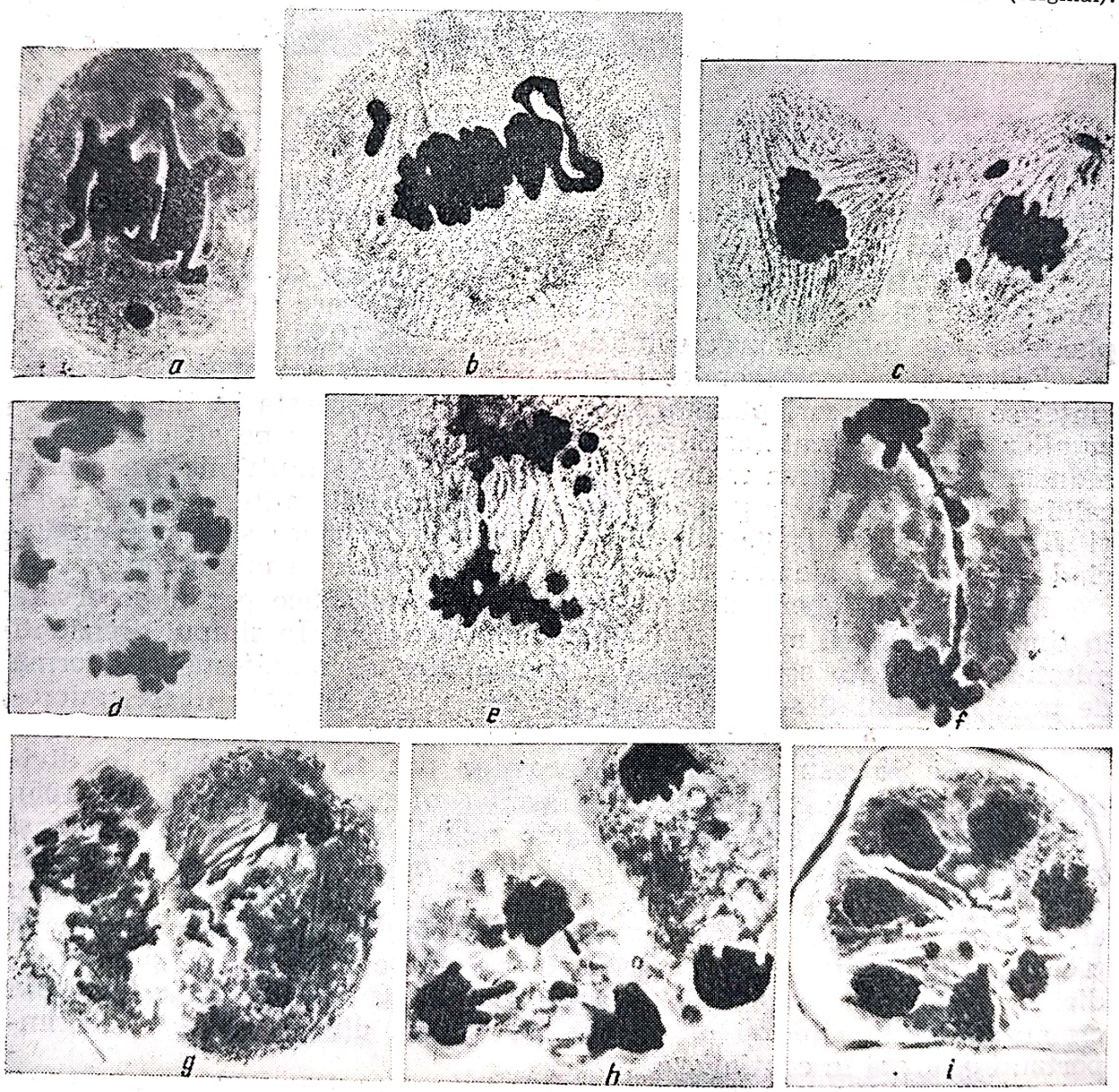


Fig. 105. Aberaţii cromozomale induse prin iradiere în meioză:
a — metafază I cu un inel de translocaţie asociat cu patru univalenţi şi un trivalent; *b* — metafază I cu inel de translocaţie reciprocă asociat cu un bivalent neseparat şi punte cromozomală; *c* — metafaze I tripolare; *d* — anafază I cu cromozomi restanţieri; *e* — anatelofază I cu punte cromozomală şi bivalenţi neseparaţi; *f* — anafază I cu o punte cromozomală; *g* — anafază II multipolară; *h* — telofază II tripolară cu un cromozom restanţier; *i* — septadă cu micronuclei (original).

Scanned with OKEN Scanner

Starea fiziologică a celulei. Celulele sînt mai radiosensibile în stadiul de presinteză și de sinteză a ADN-ului.

Doza de iradiere. Frecvența aberațiilor cromozomale crește în funcție de mărimea dozei de iradiere.

Natura radiațiilor. Radiațiile röntgen și gama induc o frecvență mai mică de aberații cromozomice și cromatidice în comparație cu neutronii și particulele alfa.

Modul de administrare a dozei de iradiere. Administrarea dozei în timp scurt, cu intensitate mare, induce o frecvență ridicată de aberații. Administrarea dozei în timp prelungit, cu intensitate mică permite sistemului celular să refacă vătămările cromozomice, evitînd transformarea lor în aberație.

Temperatura. Scăderea temperaturii de la 36°C la 3°C a dus la mărirea frecvenței de aberații cromozomice la *Tradescantia* de 4 ori (K. Sax și A. S. Fabergé 1940). K. Sax arată că la temperaturi scăzute metabolismul celular este redus și procesul de refacere a aberațiilor cromozomice nu are loc.

Șocul de temperatură. Încălzirea semințelor de orz la 80°C timp de 30 minute, înainte și după iradiere, a dus la reducerea aberațiilor cromozomice la jumătate.

Oxigenul. Este un factor hotărîtor în determinarea radiosensibilității. Absența oxigenului micșorează frecvența aberațiilor cromozomice. Șoarecii iradiați cu aceeași doză de radiații au supraviețuit parțial cînd atmosfera conținea 8,2% oxigen, în timp ce în atmosferă de 21% oxigen au murit.

Umiditatea. Mărește considerabil radiosensibilitatea semințelor, deoarece declanșează diviziunea celulară. Fenomenul a fost observat încă în anul 1930 de către H. Müller. În experiențele noastre din 1972 cu semințe de porumb, radiosensibilitatea a crescut de 10 ori la semințele cu umiditatea de 38—44%, în comparație cu cele martor (12% umiditate).

Efectul combinat al radiațiilor. S-a constatat că unele radiații, în combinație cu altele, pot avea efect protector asupra celulei, micșorînd frecvența aberațiilor cromozomice. În experiențele lui C. P. Swanson (1944) s-a stabilit că iradierea cu raze ultraviolete înainte și după iradiere cu raze röntgen duce la diminuarea frecvenței de aberații pe care le-ar fi indus radiațiile röntgen.

Substanțe radioprotectoare. Unele substanțe ca *cisteina, tioureea, glutationul, hiposulfitul de sodiu, cianura de sodiu* și altele au efect protector, cînd semințele sînt tratate înainte de iradiere. Se presupune că cisteina protejează celulele înlăturînd oxigenul intracelular. Multe dintre substanțele protectoare au acțiune selectivă, acționînd numai pentru unele specii de plante sau animale.

Substanțe radiosensibilizatoare. Unele substanțe măresc frecvența aberațiilor cromozomice. Dintre substanțele experimentate pot fi citate: *acidul etilendiaminotetraacetic, sulfoguanidina, acidul p-nitrobenzoic* și altele. Unele dintre metalele grele întîlnite în celulă și în special în cromozomi sub formă de ioni, măresc frecvența aberațiilor cromozomice.

Frecvența aberațiilor cromozomice depinde și de vîrsta semințelor, genotipul organismului, starea de homozigoție și poate de mulți alți factori încă necunoscuți.

Scanned with OKEN Scanner

19.4. Mecanismul molecular al mutaţiilor radioinduse

Mecanismul molecular la nivelul căruia se realizează mutaţia radioindusă nu a fost elucidat pe deplin. Nu au fost clarificate îndeajuns procesele fizico-chimice şi procesele de interacţiune dintre energia ionizantă şi moleculele de substanţă ereditară.

Radiaţiile ionizante acţionează asupra moleculelor de ADN direct şi indirect.

Acţiunea directă se realizează prin fragmentarea moleculelor de ADN şi ARN. Aceste fragmentări sînt identice cu cele cromozomice. Fragmentele de ADN se unesc în mod diferit faţă de structura lor iniţială, ceea ce duce la modificarea tripletelor de baze care coordonează sinteza proteinelor. Se poate realiza, de asemenea, dezmembrarea grupului pentoză-fosfat-pentoză, precum şi ruperea legăturilor de hidrogen dintre baze.

Teoria unanim admisă pentru explicarea mutaţiilor apărute în molecula de ADN sub acţiunea directă a radiaţiilor este teoria denumită „copierea greşită în biosinteza de replicare a ADN-ului". Această teorie se bazează pe rolul de matrice al ADN-ului în replicarea catenei pereche. Astfel, dacă o catenă primară are secvenţa A—G—C—A—G—C, ea va condiţiona prin replicare catena pereche cu secvenţa T—C—G—T—C—G. Conform teoriei privind copierea greşită în replicarea catenelor de ADN orice eroare în împerecherea bazelor duce la deranjarea succesiunii tripletelor de baze şi astfel la apariţia de mutaţii.

Mecanismul molecular prin care se poate înfăptui înlocuirea bazelor a fost descris de către E. B. Freese şi E. Freese după anul 1960. În explicaţia mecanismului molecular de înlocuire a bazelor şi deci de modificare a succesiunii tripletelor E. Freese a pornit de la teoria structurii codonilor genetici emisă de Crick.

Pentru a explica modificările care pot interveni în succesiunea bazelor ne reprezentăm o moleculă de ADN compusă din 15 perechi de nucleotizi. Bazele iniţiale sînt notate cu cercuri pline (negre), iar cele modificate, cu cercuri simple (fig. 106). Avînd în vedere faptul că un codon se compune din 3 baze, putem admite că molecula respectivă se compune din 5 codoni. Notînd fiecare tripletă cu literele *ABC* vom obţine o repetare a tripletei *ABC* astfel: *ABC ABC ABC ABC ABC*, care ne permite să urmărim modificările ce pot interveni în informaţia genetică:

1. Substituţia unei baze. Baza purinică poate fi înlocuită cu una pirimidinică sau chiar cu alta purinică şi invers. Înlocuirea unei baze cu alta din aceeaşi grupă a fost denumită de către E. Freese *tranziţie.* Substituirea unei baze purinice cu alta pirimidinică a fost denumită *transversie.*

Citind informaţia genetică de la stînga la dreapta constatăm că a avut loc o substituţie în poziţia 8 unde *B* a fost substituit cu *A*, adică:

ABC	*ABC*	*ABC*	*ABC*	*ABC*
ABC	*ABC*	*AAC*	*ABC*	*ABC*.

Transformarea codonului *ABC* în *AAC* va duce la apariţia unei mutaţii, condiţionată de modificarea succesiunii bazelor care alcătuiesc codonii de pe lungimea moleculei de ADN.

Scanned with OKEN Scanner

2. *Deleția* sau eliminarea uneia sau mai multor perechi de baze din molecula de ADN se produce în urma fragmentării și sudurii filamentelor de ADN. Eliminarea bazei poate să se producă și prin denaturarea bazelor sub acțiunea unor procese fizico-chimice încă necunoscute.

Deleția modifică succesiunea bazelor în triplete. În exemplul de mai jos a fost suprimată baza din poziția 8.

ABC	*ABC*	*A B C*	*ABC*	*ABC*
ABC	*ABC*	*ACA*	*BCA*	*BC*

În urma sudurii filamentelor, tripletele 3 și 4 vor avea o altă succesiune, adică *ABC* trece în *ACA* pentru tripleta 3, iar tripleta 4 trece din *ABC* în *BCA*, tripleta 5 rămînînd incompletă. Ca urmare se modifică succesiunea tuturor tripletelor următoare.

3. *Adiția* este fenomenul de apariție a unei baze în plus. Adiția are loc în urma acelorași procese ca și deleția. Consecințele sînt asemănătoare — se schimbă succesiunea tripletelor pe întreaga lungime a moleculei de ADN astfel:

ABC	*ABC*	*ABC*	*ABC*	*ABC*
ABC	*ABC*	*ABB B*	*CAB*	*CAB*

4. *Inversia* are loc în urma sudurii fragmentelor inversate cu 180°. Inversia poate avea aspecte extrem de variate, modificînd succesiunea tripletelor de baze.

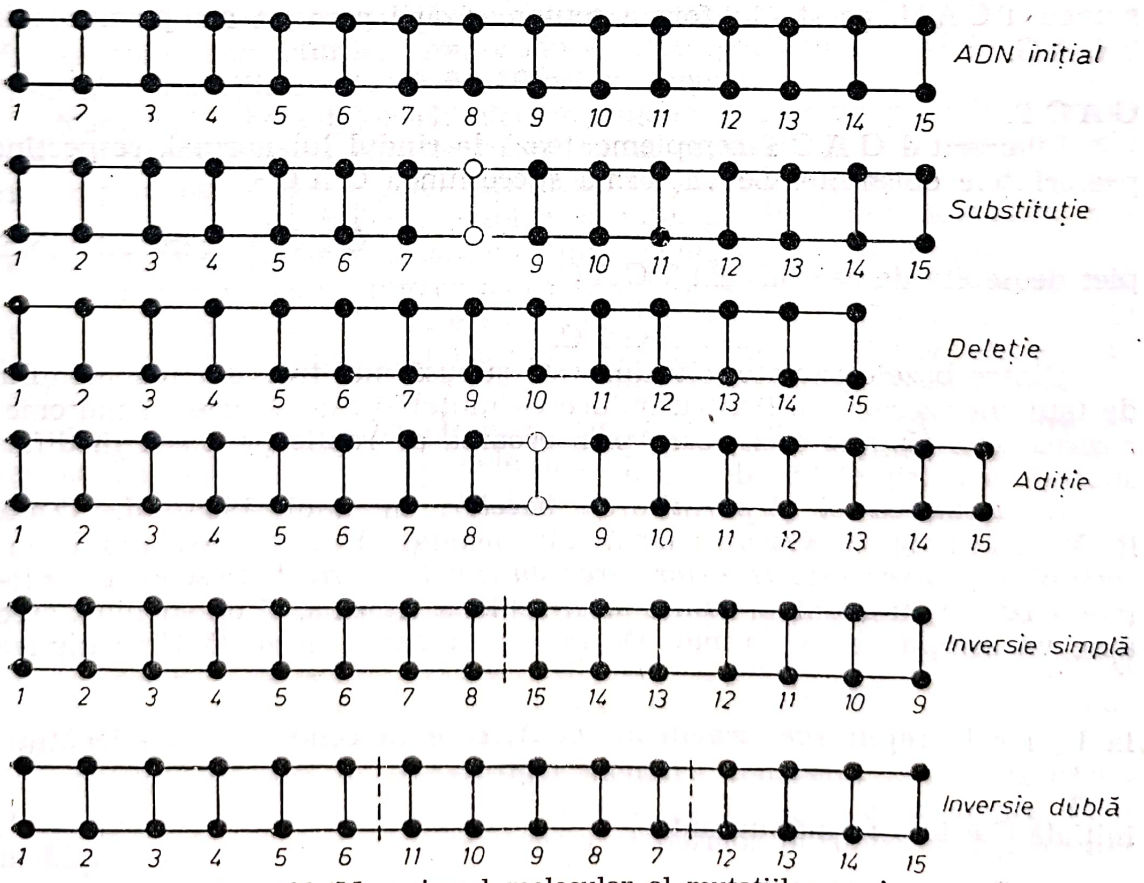


Fig. 106. Mecanismul molecular al mutațiilor genice.

Scanned with OKEN Scanner

Mecanismul biochimic al mutaţiilor radioinduse. Eroarea în succesiunea nucleotizilor este condiţionată şi de procese chimice care duc la modificarea „preferinţelor" de împerechere complementară a bazelor. Dintre acestea, cele mai frecvente sînt: reacţiile de ionizare a bazelor, tautomerizarea rară, dezaminarea şi depurinizarea bazelor, încorporarea în molecula de ADN a unor analogi ai bazelor azotate şi altele. Fenomenul de încorporare a analogilor de baze azotate este frecvent la mutageneza chimică. Dintre procesele biochimice mai cunoscute sînt stările de tautomerizare rară şi dezaminare.

Tautomerizarea rară a bazelor azotate. În urma iradierilor pot apare stări de tautomerizare specială, care modifică preferinţele de împerechere a bazelor azotate. S-a constatat că tautomerizarea rară a bazelor este condiţionată de schimbarea poziţiei atomilor de hidrogen.

Bazele azotate se pot găsi în molecula de ADN sub două forme: *lactam-lactim* (cetonică-enolică) şi *amina-imina.* Obişnuit ele se găsesc sub forma lactam-amina (cetonică-aminică). În această stare adenina complementează cu timina, iar citozina cu guanina.

Sub influenţa agenţilor mutageni citozina trece în forma ei rară imină, iar timina în enol. Guanina poate fi tautomerizată în lactim în poziţiile N_1—C_6 sau în imină — în poziţiile C_2—N_3. Adenina se tautomerizează în forma ei rară imina în poziţia C_6—N_1.

Împerecherea bazelor în starea lor obişnuită era A—T şi C—G, iar după tautomerizarea specială devine A—C, T—G.

Dacă ne reprezentăm un filament din molecula de ADN cu succesiunea T C A G, acesta în forma tautomerizării rare va complementa în

T C A G.
| | | |
G A C T.

Filamentul G A C T complementează la rîndul lui normal, respectînd preferinţele obişnuite. Se va forma succesiunea G A C T
| | | |
C T G A, care este complet deosebită de cea iniţială T C A G.
| | | |
A G T C.

Dintre bazele azotate, citozina este supusă mai frecvent fenomenului de tautomerizare rară. Pentru inducerea mutaţiei este suficientă tautomerizarea unei singure baze, care prin eroarea de replicaţie poate modifica succesiunea tripletelor de baze.

Dezaminarea şi depurinizarea bazelor. În anul 1965, J. Ono, R. Wilson şi G. Grossman au constatat că cea mai frecventă consecinţă a iradierii este *transformarea citozinei în uracil.* Uracilul complementează nu cu guanina, cum s-ar fi replicat citozina, ci cu adenina, care apoi va complementa normal. De la împerecherea normală C se ajunge
|
G
la U, iar la replicarea următoare la A, care în comparaţie cu legătura
| |
A T
iniţială C este o formă mutantă.
|
G

Scanned with OKEN Scanner

În experienţele lui K. Smith (1966) şi D. Freifelder (1966) s-a constatat că bazele pirimidinice au o radiosensibilitate de 10 ori mai mare decît cele purinice. Prin aceasta se explică de ce în urma tratamentelor unele caractere sînt mai constante, iar altele mai variabile. La porumb, A. Müntzing a stabilit că frecvenţa mutaţiilor pentru gena *R* este de 492 ori mai mare decît pentru gena *Wx*.

Efectul radiaţiilor depinde în mare măsură de cantitatea de apă din ţesuturi şi de prezenţa oxigenului. Într-o serie de experienţe minuţios executate şi interpretate, G. Sholes a stabilit că în prezenţa oxigenului apa din celule formează radicali liberi de H şi HO_2 care intră în interacţiune cu materia vie, acţionîndu-se asupra bazei ereditare.

19.5. Factorii mutageni de natură chimică

Deşi ideea mutagenezei a fost formulată încă în anul 1910 de către genetistul german E. Baur, dezvoltarea acestei ramuri are loc după ce C. Auerbah (1942—1947) în Anglia şi I. Rapoport (1948) în U.R.S.S. au sintetizat mai multe substanţe chimice cu acţiune mutagenă ridicată.

Inducerea de mutaţii pe cale chimică prezintă o serie de avantaje faţă de factorii de natură fizică:

— tratamentele se fac mai uşor, nu sînt necesare instalaţiile complicate de iradiere şi se înlătură pericolul poluării mediului cu radiaţii ionizante;

— între baza ereditară şi factorul mutagen intervine o acţiune eficace, fără restructurări cromozomice care periclitează viaţa celulei. Frecvenţa mutaţiilor este de 5—10 ori mai mare.

Numărul substanţelor chimice mutagene cunoscute pînă în prezent este de cîteva sute şi se află în continuă creştere. Dintre acestea, cele mai importante sînt compuşii alchilici, peroxizii, aldehidele, hidroxilaminele, acidul azotos, analogii bazelor azotate, produşii antimetabolici, sărurile metalelor grele, substanţele cancerigene, erbicidele şi altele.

După modul cum substanţa mutagenă interacţionează cu acizii nucleici din cromozomi, E. Freese împarte agenţii mutageni chimici în două grupe mari: mutageni care acţionează asupra acizilor nucleici în stadiul de repaus şi substanţe care acţionează în stadiul de replicare.

Acţiunea mutagenilor chimici asupra acizilor nucleici în stare de repaus. Din această categorie cele mai importante sînt substanţele alchilante, acidul azotos, hidroxilamina şi hidrazina.

Grupa alchilică este cea mai numeroasă şi mai bine studiată. Esenţa efectului mutagen constă în includerea de radicali în molecula de ADN, ca: metil (CH_3), etil (C_2H_5), propil (C_3H_7) şi altele. Au loc astfel reacţii de metilare, etilare şi altele. Dintre substanţele grupei alchilice, cele mai importante sînt epoxidele, iperita, etilenimina, metansulfonatul de etil şi compuşii din grupul nitrozoetil ureea şi nitrozometil ureea. Cel mai cunoscut agent mutagen chimic din această grupă este iperita.

Efectul mutagen al substanţelor alchilice constă în inducerea erorii de replicare în succesiunea bazelor azotate prin reacţii de alchilare. Prin alchilarea bazelor azotate apar analogi ai bazelor purinice şi ai citozinei

Scanned with OKEN Scanner

cu preferințe modificate de împerechere. Mai frecvent are loc alchilarea atomului 7 azot de guanină. S-a constatat că intensitatea alchilizării scade în ordinea N-7 guanină, N-3 adenină, N-1 adenină, N-1 citozină. În experiențele lui P. Lawleg și P. Brooxes (1961) s-a stabilit că alchilarea duce la tautomerizarea rară a bazelor azotate și la depurinizări.

Acidul azotos. Efectul acidului azotos constă în dezaminarea bazelor azotate la care se întîlnește grupul NH_2: adenină, guanină și citozină. Adenina se transformă în hipoxantină, guanina în xantină, iar citozina în uracil.

Transformarea guaninei în xantină nu are importanță mutagenă, deoarece xantina se împerechează la fel ca și guanina — cu citozina. În schimb, modificarea adeninei în hipoxantină duce la erori de sinteză a ADN-ului, deoarece hipoxantina se împerechează cu citozina. Astfel perechea A—T se modifică în hipoxantină — C. Citozina complementează mai departe normal, C—G. Se ajunge astfel de la perechea A—T la perechea C—G. Dezaminarea citozinei în uracil duce, de asemenea, la erori în lanțul codonilor, deoarece uracilul complementează cu adenina C—G. Prin dezaminare perechea C—G devine U—A, urmînd ca apoi adenina să complementeze cu timina. Se ajunge astfel de la perechea C—G la perechea A—T.

Hidroxilamina și hidrazina. Aceste substanțe acționează în special asupra citozinei formînd derivați, ca 4-N oxicitozina și N-hidroxicitozina, care se împerechează cu adenina. Astfel C—G + hidroxilamina → → N-hidroxilamină — A. Adenina va complementa, în continuare, normal formînd perechea A—T. Se ajunge astfel de la C—G la A—T.

În stare de repaus, modificarea locusului se realizează nu imediat după tratament, ci după mai multe cicluri mitotice. Acest efect se numește efect *mutagen întîrziat* și se explică astfel: cromozomul avînd o structură polifiliformă, modificarea poate să se producă într-un singur filament, iar mutația genică va apare numai atunci cînd întregul cromozom, toate cromonemele sînt afectate de modificare.

Acțiunea mutagenilor chimici asupra acizilor nucleici în stare de replicare. Un grup de substanțe mutagene acționează direct asupra bazelor azotate în stadiul de replicare a moleculelor de ADN.

În afara analogilor naturali ai bazelor azotate, în molecule de ADN și ARN pot fi introduși analogi halogenați ai uracilului, ca 5-bromuracilul, 5-cloruracilul, 2-aminopurina și diferiți coloranți, în special din grupa acridinelor. Dintre analogii halogenați, 5-bromuracilul înlocuiește timina. Analogul 5-bromuracilul se împerechează, în mod normal, cu adenina, dar uneori se împerechează cu guanina, ducînd la erori în copierea moleculei de ADN. Astfel, dacă un filament al moleculei de ADN are succesiunea de baze G C T A T G, în urma tratării cu 5-bromuracil va deveni G C BU A BU G, care poate să complementeze în

G C BU A BU G.
| | | | | |
C G G T G C

Succesiunea C G G T G C va complementa la rîndul ei normal formînd molecula G C C A C G, care, în comparație cu cea inițială G C T A T G, este o mutație.

La modificări similare duce și încorporarea *aminopurinei,* care poate înlocui adenina și foarte rar guanina, și a coloranților din grupa acridinelor. În ultimii ani s-a constatat că o mare eficacitate mutagenă posedă compușii nitrozo, în special *nitrozometil ureea* și *nitrozoetil ureea.*

19.6. Importanța utilizării în practică a factorilor mutageni

Radiațiile ionizante și substanțele chimice mutagene au devenit în ultimile decenii o metodă de bază pentru obținerea de forme cu însușiri ereditare noi. Formele noi, mutațiile, obținute prin intermediul factorilor mutageni în majoritatea cazurilor nu pot fi introduse direct în producție, ele sînt mai întîi supuse unui proces sever de verificare și ameliorare.

Obținerea de mutații este un proces complex, care necesită cunoașterea particularităților biologice ale speciei și în special cunoașterea sensibilității față de doza de iradiere sau de concentrația substanței chimice mutagene.

Experiențele executate au stabilit că pentru obținerea unei frecvențe mai mari de mutații trebuie folosite dozele care nu inhibă puternic dezvoltarea plantelor. Se aplică astfel dozele cu ceva mai mici decît dozele critice. Prin *doză critică* se înțelege doza de iradiere în urma căreia supraviețuiesc 40—50% din indivizii iradiați.

În tabelul 14 sînt prezentate dozele critice de radiații Röntgen și gama pentru principalele plante de cultură în *Kr**.

Tabelul 14

Dozele critice pentru principalele plante de cultură

Specia	Doza critică (în Kr)	Specia	Doza critică (în Kr)
Grîu	15—20	In	80—150
Orz, ovăz	20—25	Ridiche	100
Secară	10—15	Ridiche de lună	200
Orez	30—35	Trifoi alb	25—30
Porumb	10—15	Trifoi roșu	32,5
Mazăre	5—15	Vișin (butaș)	0,5—3
Bob	5	Prun (muguri dorminzi)	2,5
Fasole	8—12	Măr (muguri dorminzi)	5—7,5
Soia	12—15	Păr (muguri dorminzi)	5—7,5
Tomate	20	Arbori (muguri dorminzi)	1,5—5
Cartof (semințe)	20—30	Laleaua (bulb)	0,6
Cartof (tuberculi)	5—10	Ciclamen (bulb)	10
Castravete	50	Gladiole (bulb)	15
Varză	80—100		
Morcov	80		
Muștar	100		

* Kr — Kiloröntgen=1 000 R

Scanned with OKEN Scanner

La animale doza critică este cea care omoară 50% din indivizii iradiaţi în timp de 30 zile de la iradiere*. Dintre animale sensibilitatea cea mai mare o au mamiferele şi îndeosebi nou-născuţii (tabelul 15).

Tabelul 15

Dozele critice de radiaţii pentru animale (după P. Raicu)

Speciile	Dozele (în *r*)
Cobai	300—350
Porc	275—335
Cîine	325—400
Şoarece	350—500
Şobolan	450—600
Om	450
Maimuţă	500
Iepure de casă	900—1 000
Găină	1 000
Salamandră	3 000
Drosophila melanogaster	46 000
Infuzori	30 000
Paramecium	350 000

Efectul radiaţiilor depinde de eficacitatea biologică relativă, care diferă de natura radiaţiilor. Neutronii rapizi au o eficacitate biologică de 10 ori mai mare decît radiaţiile Röntgen şi gama (tabelul 16).

Tabelul 16

Eficacitatea biologică relativă (E. B. R.)

Tipuri de radiaţii	E. B. R.	Tipuri de radiaţii	E. B. R.
Radiaţii X şi γ	1	Protoni	10
Radiaţii electromagnetice	1	Neutroni rapizi	10
Neutroni termici	5	Radiaţii alfa	20

Sensibilitatea seminţelor depinde de gradul lor de umiditate, factor de care trebuie să se ţină seama în momentul iradierii. Dozele prezentate în tabelul 14 şi 16 sînt stabilite pentru seminţe uscate la umiditatea standard.

După iradiere la o sursă de radiaţii beta, neutroni etc., seminţele se lasă o perioadă de timp pentru decontaminare, după care se însămînţează, asigurîndu-se condiţiile optime de germinare. În cazul radiaţiilor Röntgen şi gama, decontaminarea nu este necesară. Seminţele iradiate în stare umectată se însămînţează imediat, întîrzierea producînd diminuarea puterii lor de germinaţie.

* Doza critică la animale se mai numeşte şi doză letală 50%.

Scanned with OKEN Scanner

Se tratează semințe uscate sau germinate, precum și părți vegetative timp de 4—24 ore, în funcție de penetrația mutagenului. Concentrațiile sînt cuprinse între 0,0001 și 1,5% (tab. 17).

Tabelul 17

Mutagenii chimici și concentrațiile utilizate

Cultura / Denumirea substanței	Grîu	Orez	Porumb și mazăre	Floarea soarelui	Viță de vie (butași)
Etilenimina	0,01—0,06	0,03—0,06	0,02—0,06	0,05	0,05—0,005
Etilmetansulfonat	0,2—1,5	0,2—1,5	0,15—0,50	—	—
Hidroxilamină	0,5—3,0	—	—	—	—
Dietilsulfat	—	—	0,01—0,1	0,20	—
Dimetilsulfat	—	—	—	0,15	0,1—0,05
1,4-Bisdiazoacetil butan	0,1	—	—	—	—
Nitrozoetil uree	0,0001	—	0,0001	0,0001	0,0001
Nitrozometil uree	0,0001	—	0,0001	0,0001	0,0001

Dintre substanțele chimice mutagene, mai eficace sînt: etilenimina, etilmetansulfonatul, dietilsulfonatul, hidroxilamina, nitrozoetil ureea și nitrozometil ureea.

În diferite țări au fost obținute peste 80 de mutante la multe specii de plante, din care peste 50 prin iradieri cu raze Röntgen, 12 cu radiații gama, 12 cu neutroni și 1 prin tratamente chimice. Un număr mare de mutante se află în procesul de selecție sau în rețeaua de experimentare în vederea introducerii lor în producție.

Cel mai mare număr de mutante la plantele de cultură a fost obținut la orz — 11 mutante, urmează apoi grîul cu 7 mutante, orezul, ovăzul și soia cu cîte 4 mutante fiecare. La plantele decorative s-au dat în cultură 18 mutante cu însușiri deosebite.

CAPITOLUL 20

MUTAȚIILE GENOMULUI

20.1. Mecanismul mutațiilor de genom

Fiecărei specii îi este caracteristic un anumit număr de cromozomi, de forme și mărimi bine determinate. Orice schimbare a numărului de cromozomi duce la modificări evidente numite *mutații de genom*. Numărul de cromozomi din celula gamet se numește *garnitură cromozomică* sau *set cromozomic haploid*, el reprezentînd unitatea de bază a cariotipului. Totalitatea genelor, cuprinsă într-o garnitură haploidă, a fost denumită de către H. Winkler, *genom (1916)*.

Scanned with OKEN Scanner

Numărul de cromozomi din celula gamet a unei specii diploide, care nu a suferit nici o modificare numerică în decursul evoluției, constituie garnitura cromozomică de bază a genului și se mai numește și *număr de bază,* care se notează cu x. La speciile diploide numărul de bază x este egal cu cel haploid n. La unele specii numărul de cromozomi, în decursul evoluției, s-a mărit, n devenind multiplu lui x.

Fenomenul de multiplicare a numărului de cromozomi a fost descoperit în anul 1890 de către naturalistul rus I. Gherasimov, care a obținut forme modificate de alge *(Spyrogira)* acționînd asupra lor cu temperaturi de —4°C timp de 5—10 minute și cu substanțe narcotice. În urma cercetărilor citologice s-a observat că aceste forme aveau nucleul mărit, iar numărul de cromozomi era dublu față de forma inițială. Fenomenul de multiplicare a numărului de cromozomi a fost denumit *poliploidie* de către H. Winkler în 1916.

Prin *poliploidie* se înțelege mutația genomului care constă în multiplicarea numărului de cromozomi diploizi, prin adăugarea de garnituri cromozomice întregi. În celulele formelor poliploide se întîlnește o repetare a numărului de bază. Poliploidia ca fenomen genetic este o mutație a genomului, care prin modificarea numărului de cromozomi duce la modificarea însușirilor fenotipice, biochimice și fiziologice. Fenomenul de poliploidie a provocat o mare variație a numărului de cromozomi de la o specie la alta. Nematodul *Ascaris megalocephala univalens* are 2 cromozomi, iar radiolarul *Aulachantha* are aproximativ 1 600 de cromozomi. La plante, *Crepis capilaris* are 2 $n=6$ cromozomi, în timp ce *Ophioglossum vulgatum* are 2 $n=500$—520 cromozomi. Cunoștințele despre poliploidie au beneficiat din plin de perfecționarea microscopiei și a metodelor de studiu citogenetice, care în secolul al XX-lea au permis stabilirea cu exactitate a numărului de cromozomi în celulele somatice și gameți.

Mecanismul poliploidiei. Pentru desfășurarea normală a mitozei sau meiozei este necesar ca celula să aibă un fus nuclear normal, bipolar, urmînd ca centromerii cromozomilor să se orienteze în anafază pe fus spre cei doi poli, în urma despărțirii egale a cromatidelor fiice (mitoză) sau a cromozomilor omologi (meioză). În urma unor condiții nefavorabile de temperatură sau sub acțiunea substanțelor chimice, a radiațiilor ș.a., are loc inhibiția completă a formării fusului nuclear. Ca urmare se formează nucleul de restituție, care încorporează cromozomii ce trebuiau să se îndrepte spre polii celulei pentru a forma celulele-fiice în cadrul mitozei sau celula diadă cu numărul de cromozomi redus la jumătate, în cazul meiozei. Sub acțiunea factorilor care inhibă formarea fusului nuclear, deranjamentele de diviziune se produc în metafază, formîndu-se configurații caracteristice.

Modul în care decurge multiplicarea cromozomilor a fost studiat amănunțit după anul 1937, cînd A. F. Blakesslee și A. G. Avery au descoperit acțiunea colchicinei și au obținut primele plante cu numărul de cromozomi dublat prin tratamentele efectuate cu soluție din această substanță. S-a constatat că prin tratamentele cu colchicină se realizează inhibiția fusului nuclear, fără a se influența ciclul diviziunii. Prin această constatare s-au elaborat bazele teoretice ale poliploidizării prin tratamente cu colchicină.

Scanned with OKEN Scanner

Configuraţiile cromozomilor care au loc sub acţiunea colchicinei în mitoză şi meioză au fost denumite *mitoză de colchicină* (mitoză C) şi respectiv *meioză de colchicină* (meioză C).

Mitoza C (fig. 107). Profaza se desfăşoară normal, iar metafaza se caracterizează prin absenţa fusului nuclear, din care cauză cromozomii nu se dispun în placa ecuatorială. Sub acţiunea colchicinei, cromozomii se condensează puternic şi după dispariţia membranei nucleare se împrăştie în întreaga celulă. Cromatidele surori se despart, dar rămîn unite în centromer, a cărui diviziune întîrzie. Cromatidele surori se resping şi formează o configuraţie în formă de X. Metafaza C este mai lungă ca durată decît metafaza normală. În cele din urmă centromerul se divide, iar cele două cromatide se desprind formînd doi cromozomi. Anafaza nu mai are loc şi după un anumit timp se formează nucleul de restituţie cu un număr dublu de cromozomi.

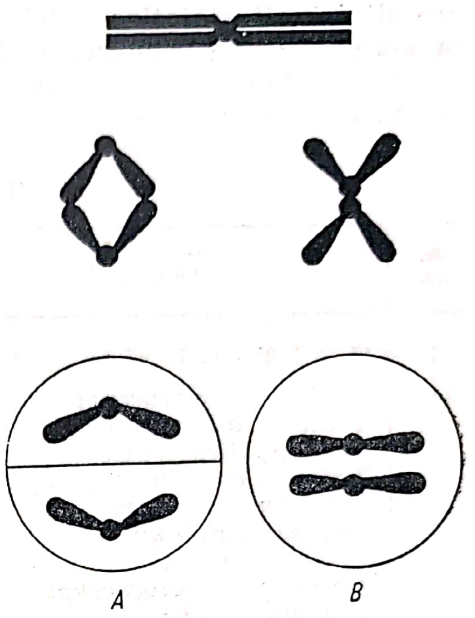


Fig. 107. Schema mitozei normale şi a mitozei cu colchicină:
A — normal; *B* — cu colchicină.

După un anumit timp nucleul de restituţie începe o nouă diviziune. Dacă celulele nu se mai găsesc sub acţiunea colchicinei, diviziunea se desfăşoară normal. În cazul cînd acţiunea colchicinei continuă are loc o nouă multiplicare a numărului de cromozomi. În cazul cînd iniţial s-a acţionat asupra unui ţesut diploid, în urma inhibiţiei fusului nuclear se formează celule *tetraploide,* iar dacă acţiunea continuă apar celule *octoploide* etc. Sub acţiunea îndelungată a colchicinei apar pe ţesuturi umflături numite tumori de colchicină. Apariţia tumorilor semnalizează intoleranţa ţesutului faţă de acţiunea colchicinei, tratamentul sistîndu-se.

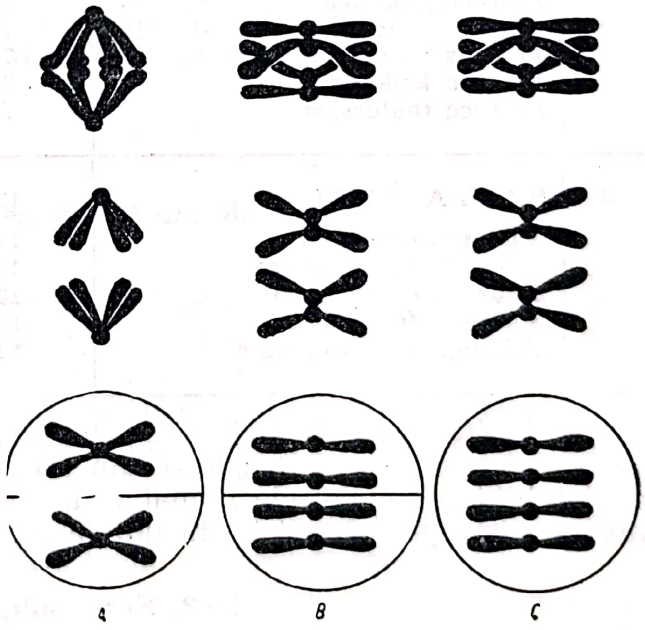


Fig. 108. Schema meiozei normale şi a meiozei cu colchicină:
A — meioză normală; *B* — efectul colchicinei asupra primei diviziuni meiotice; *C* — efectul colchicinei asupra diviziunii reducţionale şi asupra meiozei II.

Meioza C. Acţiunea colchicinei asupra cromozomilor în meioză este asemănătoare celei din mitoză. Asu-

Scanned with OKEN Scanner

pra diviziunii meiotice colchicina acționează încă din profază, reducînd procesele de împerechere, de formare a chiasmelor și crosing-overul.

În meioză, colchicina poate inhiba atît formarea fusului nuclear, în prima diviziune a meiozei, cît și în a doua diviziune (fig. 108). În cazul

Tabelul 18

Serii poliploide la plante

Nr. crt.	Genul și specia	Numărul de bază (x)	$2n$	Gradul de poliploidie
1	TRITICUM	7	—	—
	Triticum monococcum	7	14	diploid
	Triticum diococcum	7	28	tetraploid
	Triticum dicoccoides	7	28	tetraploid
	Triticum carthlicum	7	28	tetraploid
	Triticum polonicum	7	28	tetraploid
	Triticum turgidum	7	28	tetraploid
	Triticum durum	7	28	tetraploid
	Triticum sphaerococcum	7	42	hexaploid
	Triticum macha	7	42	hexaploid
	Triticum spelta	7	42	hexaploid
	Triticum aestivum	7	42	hexaploid
2	FESTUCA	7	—	—
	Festuca pratensis	7	14	diploid
	Festuca montana	7	14	diploid
	Festuca altaica	7	28	tetraploid
	Festuca japonica	7	28	tetraploid
	Festuca stricta	7	42	hexaploid
	Festuca gigantea	7	42	hexaploid
	Festuca juncifolia	7	56	octoploid
	Festuca kingi	7	56	octoploid
	Festuca kriloviana	7	70	decaploid
	Festuca thalassica	7	70	decaploid
3	SOLANUM	12	—	—
	Solanum argentinum	12	24	diploid
	Solanum americanum	12	24	diploid
	Solanum commersoni	12	48	tetraploid
	Solanum fastigiatum	12	72	hexaploid
	Solanum demissorosum	12	120	decaploid

cînd inhibiția fusului nuclear are loc în ambele diviziuni meiotice, se formează microspori tetraploizi, din care vor rezulta zigoți octoploizi, iar cînd inhibiția se extinde numai asupra unei singure diviziuni, se formează microspori diploizi, din unirea cărora apar zigoți tetraploizi.

20.2. Serii poliploide

În cadrul multor genuri, speciile, deși se deosebesc între ele prin numărul de cromozomi, au totuși același număr de bază x. Așa, de exemplu, numărul de bază pentru genul *Triticum* este 7. Speciile genului *Tri-*

Scanned with OKEN Scanner

ticum au 14 cromozomi (*T. monococcum*); 28 de cromozomi (*T. dicoccum*, *T. durum* etc.) și 42 de cromozomi (*T. aestivum* și altele). Genul *Solanum* cuprinde specii cu 24, 36, 48, 60, 72, 96, 108 și 144 de cromozomi, iar numărul de bază este egal cu 12 (tabelul 18). Speciile din cadrul unui gen, care au diferite numere de cromozomi somatici, dar au același număr de bază, alcătuiesc seriile poliploide ale genului respectiv.

Gradul de poliploidie. După numărul de cromozomi speciile se împart *în diploide, triploide, tetraploide, pentaploide* etc. Gradul de poliploidie se află divizînd numărul de cromozomi somatici la numărul de bază. Dacă numărul de bază este 7, iar numărul cromozomilor somatici este de 42, atunci forma sau specia respectivă este hexaploidă, deoarece 42 : 7 = 6.

În cadrul unei serii poliploide distingem forme al căror număr de cromozomi somatici se împarte la numărul de bază rezultînd cifre pare (28 : 7 = 6, 56 : 7 = 8) sau impare (21 : 7 = 3, 35 : 7 = 5, 49 : 7 = 7). Grupa poliploizilor cu număr de cromozomi somatici divizibili la numărul de bază printr-o cifră pară se numește *orthoploidă* (tetraploizi, hexaploizi, decaploizi etc.), iar cea care se divide impar se numește *anorthoploidă* sau *perisoploidă* (triploizi, pentaploizi, septaploizi etc.).

Pe baza experiențelor întreprinse în numeroase țări, s-a ajuns la concluzia că pentru fiecare familie și chiar specie există un nivel optim al gradului de poliploidie, care asigură desfășurarea în cele mai bune condiții a proceselor fiziologice și biochimice care stau la baza metabolismului. Astfel, la conifere nivelul optim se asigură prin gradul diploid, la grîu — tetraploid și hexaploid, la sfecla de zahăr gradul de ploidie optim s-a dovedit cel triploid, tetraploizii, celelalte forme poliploide fiind mai puțin productive. Triploid este, de asemenea, plopul gigant cu 57 cromozomi, unele din cele mai valoroase soiuri de măr cu 51 cromozomi și altele.

20.3. Clasificarea mutațiilor de genom

Modificarea numărului de cromozomi poate să provină atît în urma multiplicării sau diminuării numărului de bază în întregime, cît și în urma multiplicării sau diminuării numărului numai la unii cromozomi. În dependență de aceasta, mutațiile de genom cuprind 3 categorii mari de modificări ale numărului de cromozomi, și anume: poliploidia, aneuploidia și haploidia (fig. 109).

Poliploidia. Poliploidia poate fi clasificată în patru mari grupe: autopoliploidia, alopoliploidia, endopoliploidia și pseudopoliploidia.

Autopoliploidia. Autopoliploizi se numesc formele apărute în urma multiplicării cromozomilor din garniturile cromozomale proprii (fig. 110). Așa, de exemplu, dacă genomul din garnitura haploidă de secară ($x = 7$) se notează cu *R*, atunci faza diploidă se notează cu *RR*. După o singură multiplicare a cromozomilor apare o formă de secară *tetraploidă* — *RRRR*, cu 28 de cromozomi.

Scanned with OKEN Scanner

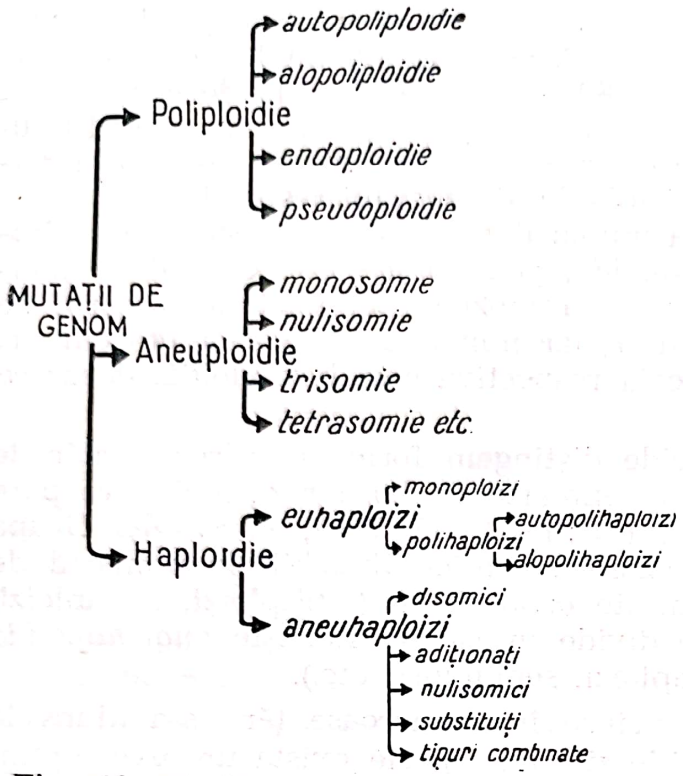


Fig. 109. Clasificarea mutațiilor de genom.

Autopoliploizii se pot forma pe trei căi: 1) prin blocarea fusului nuclear în timpul primei diviziuni mitotice a semințelor în curs de germinație; 2) prin blocarea diviziunii mitotice la primul ciclu mitotic al zigotului; 3) prin formarea de grăunciori de polen cu numărul de cromozomi neredus, datorită absenței fusului nuclear.

Primul autotetraploid natural descris de Hugo de Vries în anul 1880, a fost mutația „gigant" *Oenothera Lamarckiana*. Datorită modificărilor morfologice evidente și imposibilității de încrucișare cu forma inițială, mutația „gigant" a fost considerată drept specie nouă *Oenothera gigas*. Faptul că mutația era un tetraploid cu 28 de cromozomi în loc de 14, cîți are forma inițială, a fost stabilit în anul 1909 de către R. Gates.

Un caz asemănător s-a observat la un autotetraploid de *Datura stramonium*, care avînd 48 de cromozomi nu se încrucișa cu forma inițială diploidă $2n=24$. Formele autotetraploide, de regulă, nu se încrucișează cu cele diploide sau haploide. În cazul cînd se realizează astfel de încrucișări, ca diploid × tetraploid, tetraploid × hexaploid etc. rezultă triploizi, respectiv pentaploizi etc. sterili.

Alopoliploidia. Este fenomenul de dublare a numărului de cromozomi somatici, cumulați într-un organism hibrid prin încrucișarea a două specii diferite. Genoamele formelor participante în încrucișare, fiind neînrudite, se notează cu A și B. Hibridul $A \times B$ este steril, datorită lipsei de omo-

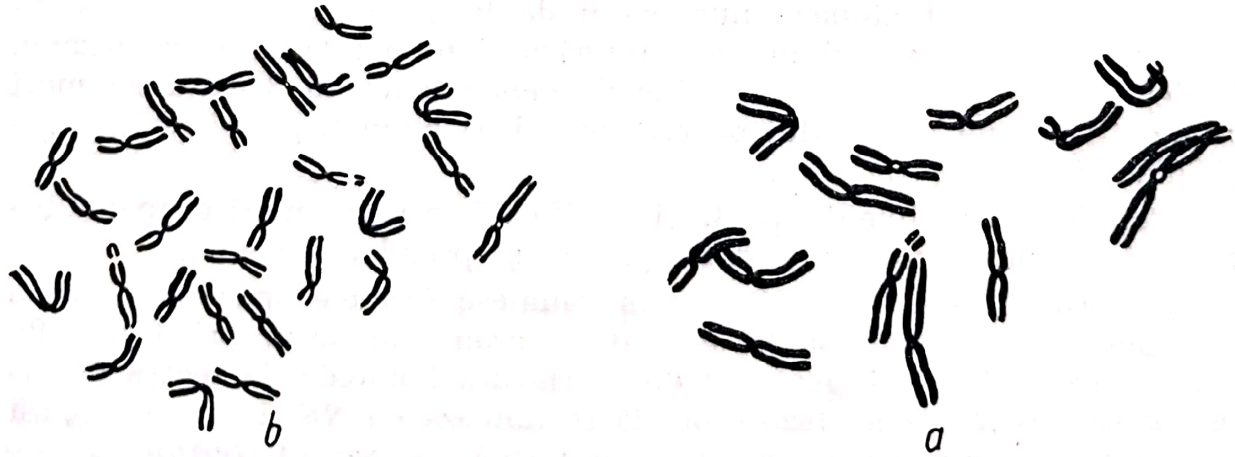


Fig. 110. Dublarea numărului de cromozomi prin intermediul colchicinei: *a* — diploid; *b* — tetraploid (original).

logie cromozomală. Ca urmare, procesul meiozei este aberant, rezultînd gameți sterili.

În procesul evoluției speciile s-au încrucișat spontan între ele și tot spontan s-a produs și dublarea genoamelor însumate, restabilindu-se fertilitatea și dînd formei nou apărute posibilitatea de a se reproduce. O. Winge presupune că dublarea numărului de cromozomi la hibrizii între specii are loc în stadiile timpurii de dezvoltare a zigotului.

În anul 1917, O. Winge a formulat teoria conform căreia majoritatea speciilor poliploide ar fi apărut pe această cale, care poate fi ilustrată schematic astfel: două specii diferite genetic, dar fiecare cu cîte 14 cromozomi, una cu genoamele *AA* și cealaltă cu genoamele *BB* s-au încrucișat formînd hibridul interspecific *AB*, cu 14 cromozomi. În stadiul embrionar, genoamele se dublează formînd genotipul *AABB*, numărul cromozomilor devenind 28. Meioza acestui hibrid decurge normal, întrucît garniturile *AA* conjugă între ele formînd 7 bivalenți, de asemenea, garniturile *BB*. Noul genotip *AABB* cu 28 de cromozomi reprezintă o nouă specie. La rîndul ei, specia *AABB* cu 28 de cromozomi se poate încrucișa cu o altă specie, urmînd ca prin dublarea spontană a numărului de cromozomi să se obțină o altă specie, care reprezintă un nou membru al seriei poliploide cu $n=7$ cromozomi.

În decursul evoluției, încrucișarea spontană a avut loc atît între specii cu același număr de cromozomi, cît și între specii cu numere de cromozomi diferite. Alopoliploidiei îi revine astfel un rol destul de important în evoluția speciilor.

Cunoștințele despre alopoliploidie s-au îmbogățit după anul 1924, cînd G. D. Karpecenko a făcut cunoscută experiența de sinteză prin alopoliploidie a unei specii inexistente în natură și anume *Raphanobrassica sativa-oleracea* cu $2n=36$, din încrucișarea verzei *Brassica oleracea* $2n=18$ cu ridichea *Raphanus sativus*. Alopoliploizii sintetizați pe cale experimentală se numesc amfidiploizi.

În prezent este pe deplin stabilită natura alopoliploidă la multe specii de plante. Așa, de exemplu, specia de grîu *Triticum aestivum* este de natură alopoliploidă, cuprinzînd genoamele *AA BB DD*, fiecare cu cîte 14 cromozomi. Genomul *AA* provine de la specia *T. monococcum*, cel mai vechi reprezentant al genului Triticum, genomul *BB* de la specia *Aegilops speltoides*, care ocupă același areal în Asia Mică, iar genomul *DD* provine de la specia *Aegilops squarrosa*.

Formarea speciei *T. aestivum* a avut loc în două etape. În prima etapă s-a produs încrucișarea spontană între *T. monococcum* (*AA* $2n=14$) *Aegilops speltoides* (*BB* $2n=14$), obținîndu-se un hibrid steril la care din gameți nereduși s-au format zigoți cu numărul de cromozomi dublat. A rezultat astfel specia *T. dicocoides* (*AA BB* $2n=28$); În etapa a doua, *T. dicocoides* s-a încrucișat cu *Aegilops squarrosa* (*DD* $2n=14$) rezultînd un hibrid triploid cu 21 de cromozomi cu genoamele *ABD*. În urma dublării numărului de cromozomi prin intermediul gameților nereduși a rezultat alopoliploidul *T. aestivum subsp. spelta*, cu genoamele *AABBDD*, hexaploid ($2n=42$). În urma unei mutații genice, din *T. aestivum spelta* a apărut subspecia *T. aestivum vulgare*.

În experiențele întreprinse de către H. Kihara în Japonia și E. Sears, în S.U.A. s-a reușit să se demonstreze că evoluția speciei

Scanned with OKEN Scanner

Triticum aestivum s-a desfășurat pe această cale. S-a constatat chiar că sensibilitatea la boli a grîului comun se datorește genomului *DD* introdus de la specia *Aegilops squarrosa.*

Experiențele în care s-a dovedit că sensibilitatea la boli provine de la *Ae. squarrosa* au fost următoarele: H. Kihara a încrucișat specia *Triticum persicum stramonium* cu *Aegilops squarrosa.* Prin dublarea numărului de cromozomi s-a obținut amfidiploidul *Triticum persicum stramonium* × *Aegilops squarrosa.* Amfidiploidul a fost atacat de făinare în proporție de 80% și de 30% de rugina brună, în timp ce *Triticum persicum stramonium* a fost mult mai rezistent. Aceleași rezultate au obținut E. R. Sears la amfiploidul *Triticum durum* × *Aegilops squarrosa.*

Endopoliploidia. Prin endopoliploidie se înțelege fenomenul de multiplicare a numărului de cromozomi din celulele unui țesut oarecare, fără ca diviziunea celulară să aibă loc. Fenomenul se întîlnește atît la plante cît și la animale.

La plante fenomenul este destul de frecvent la spanac $2n=12$ *(Spinacea eleracea),* la care în anumite părți ale plantei se întîlnesc țesuturi cu 24, 40 etc. cromozomi.

La animale fenomenul a fost studiat mai bine la insecte. Astfel citologul austriac L. Geitler a stabilit că la insectele acvatice *Gerris lateralis* și *G. lacustris* în glandele salivare se găsesc celule cu gradul de ploidie 512, 1 024 și 2 048. La insectele din ordinul *Diptera* se întîlnește un caz unic de endopoliploidie în celulele glandelor salivare. În urma multiplicării cromozomilor, aceștia se dispun unul lîngă altul formînd așa-numiții *cromozomi giganți,* al căror număr rămîne identic cu cel inițial. Cromozomii giganți din glandele salivare la *Drosophila melanogaster* prezintă, de asemenea, un exemplu similar.

Cauzele endopoliploidiei nu sînt încă elucidate pe deplin. Citologul L. Geitler a stabilit că acest fenomen se întîlnește cu prioritate în țesuturile diferențiate, în care diviziunea mitotică este sistată. Cazurile de endopoliploidie se întîlnesc adesea și în țesuturile unor tumori canceroase. Endopoliploidia nu afectează țesuturile cu diviziune mitotică intensă sau pe cele sexuale.

Pseudopoliploidia. Prin pseudopoliploidie se înțelege fenomenul de multiplicare sau diminuare a numărului de cromozomi de bază, fără a avea loc o modificare cantitativă a zestrei ereditare. Pseudopoliploidia a fost descrisă atît la plante cît și la animale.

La fluturi și în special la plantele din genul *Luzula,* are loc multiplicarea cromozomilor prin fragmentarea cromozomilor inițiali din genoamele diploide. La aceste specii, cromozomii posedă centromeri difuzi, care în urma fragmentării permit transformarea fragmentelor în cromozomi de sine stătători. În cadrul genului *Luzula,* grupa *L. campestris-multiflora* are numărul de bază = 6 cromozomi, întîlnindu-se serii poliploide adevărate cu $2n = 24$, 36 și 48 și de asemenea și serii pseudopoliploide cu $2n = 24$ și 48 cromozomi. Deosebirile dintre seriile poliploide și pseudoploide constau în faptul că la forma pseudoploidă ($2n = 24$) cromozomii sînt de două ori mai mici decît la forma inițială ($2n = 12$) sau decît la forma poliploidă $2n = 24$.

Scanned with OKEN Scanner

În cadrul pseudopoliploidiei intră și fenomenul de diminuare a numărului de cromozomi, fără modificarea cantitativă a bazei ereditare. Fenomenul se numește *pseudoaneuploidie.*

Pseudoaneuploidia apare în urma fragmentării cromozomilor și a unirii fragmentelor cu centromeri, între ele. Apar astfel cromozomi cu centromeri dubli. O altă posibilitate o prezintă sudura cromozomilor acrocentrici, în forma de I, între ei. Se formează cromozomi metacentrici în formă de V. Se presupune, astfel, că pseudoaneuploidia a avut un rol important în evoluție.

Aneuploidia. Prin aneuploidie se înțelege fenomenul de multiplicare sau diminuare cu unul sau mai mulți cromozomi din celula somatică, de exemplu $2n-1$; $2n-2$; $2n+1$ etc. Aneuploidia apare în urma separării inegale a cromozomilor în diviziunea reducțională sau prin nondisjuncția cromozomilor omologi și altele. Cele mai importante categorii de aneuploidie sînt: monosomia, nulisomia, trisomia și tetrasomia.

Monosomia, $2n-1$, este caracterizată prin absența unui cromozom, putînd fi *simplă* $2n-1$ sau *dublă* $2n-1-1$.

Nulisomia, $(2n-2)$, este determinată de absența unei perechi de cromozomi omologi. Dacă se reușește să se identifice perechea de cromozomi absenți, atunci fenomenul se notează *Nullo I, Nullo II* etc., în funcție de perechea de cromozomi absenți.

Fenomenele de monosomie și nulisomie duc la mari modificări în comportarea organismului, în funcție de caracterele pe care le condiționează genele de pe cromozomul sau perechea de cromozomi absenți. La formele diploide, în majoritatea cazurilor, absența unui cromozom sau a unei perechi de cromozomi este letală. La formele poliploide pierderea cromozomilor se manifestă mai slab, exteriorizîndu-se prin absența unor însușiri condiționate de genele localizate în cromozomii respectivi. Monosomia și nulisomia oferă posibilitatea identificării genelor localizate în cromozomii absenți. La grîul de primăvară soiul *Chinese Spring,* de exemplu, genetistul S e a r s a reușit să creeze serii monosomice și nulisomice pentru toate cele 21 perechi de cromozomi, stabilind astfel caracterele condiționate de genele aflate în fiecare pereche de cromozomi.

Trisomia, $2n+1$, este fenomenul condiționat de prezența unui cromozom în plus. Trisomia poate fi simplă $(2n+1)$ și dublă $(2n+1+1)$ cînd în plus sînt doi cromozomi din perechi de omologi diferite.

Cunoștințele despre aneuploidie se datorează în mare măsură fenomenului de trisomie, descris de către A. B l a k e s l e e și J. B e l l i n g la *Datura stramonium.* La trisomici un cromozom este prezent de 3 ori. Fenotipic trisomicii sînt diferiți, în funcție de cromozomul prezent în plus (fig. 111).

La grîul comun *(T. aestivum)* s-a reușit să se obțină serii trisomice $(2n+1)$ pentru toate cele 21 perechi de cromozomi.

Tetrasomia sau prezența unei perechi de cromozomi în plus, $(2n+2)$, are o frecvență mai mare, deoarece ei se pot forma în urma diviziunii meiotice anormale, precum și din autofecundarea trisomicilor.

Aneuploidia a fost descrisă la *Datura, Zea mays, Nicotiana, Triticum, Gossypium,* șoareci, bovine, pisici, om și altele.

Cromozomi supranumerari. *(Cromozomii B.)* Prin cromozomi supranumerari sau cromozomi B se înțelege prezența unuia sau mai multor cro-

Scanned with OKEN Scanner

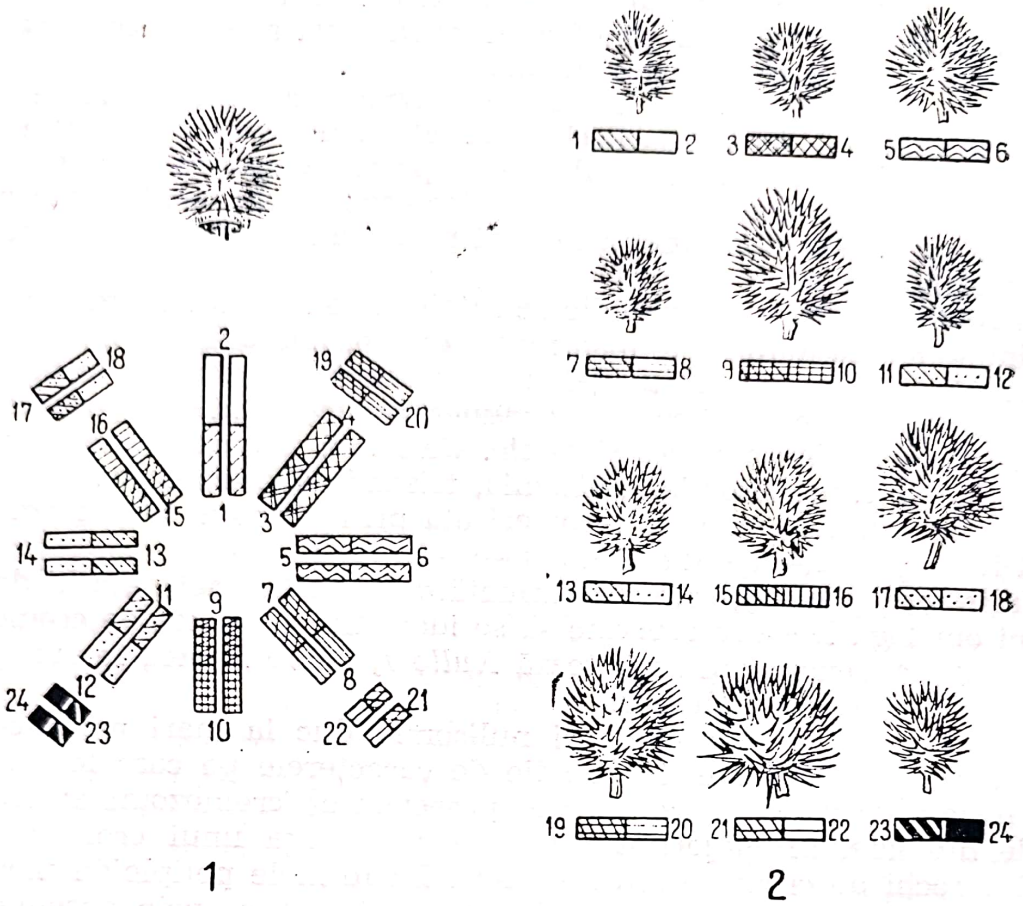


Fig. 111. Efectul trisomiei asupra formei şi mărimii fructului de *Datura stramonium*:

1 — fruct normal diploid $2n=24$; *2* — (1—2)—(23—24) trisomie pentru cele 12 perechi de cromozomi (cifrele indică unul din cromozomii omologi, care poate fi supranumerar).

mozomi în afara garniturii somatice obişnuite. Cromozomii supranumerari nu sînt omologi cu nici una din perechile de cromozomi somatici.

Prezenţa cromozomilor supranumerari contravine regulei conform căreia fiecare specie se caracterizează printr-un număr constant de cromozomi. Pentru a se putea deosebi de cromozomii din garnitura somatică normală, ultimii se mai numesc şi *cromozomi A*.

Cromozomii supranumerari au fost descoperiţi în anul 1928 de către L. Randolph la porumb. În comparaţie cu cromozomii normali (A), cromozomii B sînt mai mici. Se presupune că ei apar în urma aberaţiilor meiotice şi în urma fragmentaţiei cromozomilor somatici. Din cromozomii B, prin fragmentare, pot apare alţi cromozomi mai mici denumiţi *cromozomi C, cromozomii D* etc.

Cromozomii supranumerari (B) au o serie de particularităţi: *a*) nu conjugă cu niciunul din cromozomii garniturii normale; *b*) sînt de natură *heterocromatică,* dar nu întotdeauna, adică se compun din porţiuni *eucrocromatice* (care conţin gene) şi *heterocromatice* (care din punct de vedere genetic sînt inerte); *c*) numărul lor se dublează o singură dată pentru fiecare ciclu de viaţă; *d*) în meioză cromozomii B nu se separă spre cei doi poli ai celulei, îndreptîndu-se toţi spre un singur pol. Acest fe-

Scanned with OKEN Scanner

nomen se numește *nondisjuncția cromozomilor* B. În urma fecundației a doi gameți cu cromozomi B are loc dublarea numărului de cromozomi de la 2 la 4, de la 4 la 8 etc.

Plantele cu un număr mare de cromozomi supranumerari sînt mai puțin viabile decît plantele cu numărul de cromozomi normali. Cromozomii supranumerari au fost studiați în mod deosebit la secară de către A. Müntzing, care a stabilit că influența negativă a cromozomilor supranumerari se observă deja cînd numărul lor este de doi. Plantele de secară cu cromozomi supranumerari în număr de 6 au fost sterile. Populațiile primitive de secară originare din Turcia, Afganistan, Iran, U.R.S.S. (Siberia răsăriteană) conțin cromozomi supranumerari pînă la 90% din plante.

La *Festuca pratensis* și *Centaurea scabiosa*, efectul negativ al cromozomilor B se manifestă numai cînd numărul lor este mai mare de 20. În unele cazuri, de altfel unice pînă acum, s-a constatat că la *Festuca pratensis* și *Centaurea scabiosa* cromozomii supranumerari influențează pozitiv dezvoltarea plantelor.

Haploidia. În ciclul vieții plantelor cu flori predomină diplofaza și, după cum se știe, haplofaza limitîndu-se la celulele gamet. Cu toate acestea, în unele cazuri apar și plante cu numărul de cromozomi redus la jumătate, față de cel din celulele somatice ale formei inițiale. Acest fenomen se numește *haploidie*. Primele plante haploide au fost observate de către D. Bergner, în anul 1921, la *Datura stramonium*. Plantulele haploide reprezintă în miniatură forma inițială, toate organele și chiar celulele fiind mai mici.

Embrionul haploid se formează pe cale partenogenetică, prin intermediul apogamiei sau androgenezei. În primul caz, embrionul se dezvoltă dintr-o celulă nefecundată a gametofitului (oosferă, sinergidă sau antipodă), stimulată de pătrunderea tubului polinic în ovul, fără participarea spermatiei la formarea zigotului. În cadrul androgenezei, embrionul se dezvoltă din spermatia care, pătrunsă în ovul, întîlnește o oosferă inactivă (fig. 112, 113).

Frecvența formelor haploide în natură este de 1 : 1 000 fecundații, pentru haploizii apogamici, și de 1 : 80 000 (adică 1 haploid androgen la 70—80 haploizi apogamici), pentru haploizii androgeni.

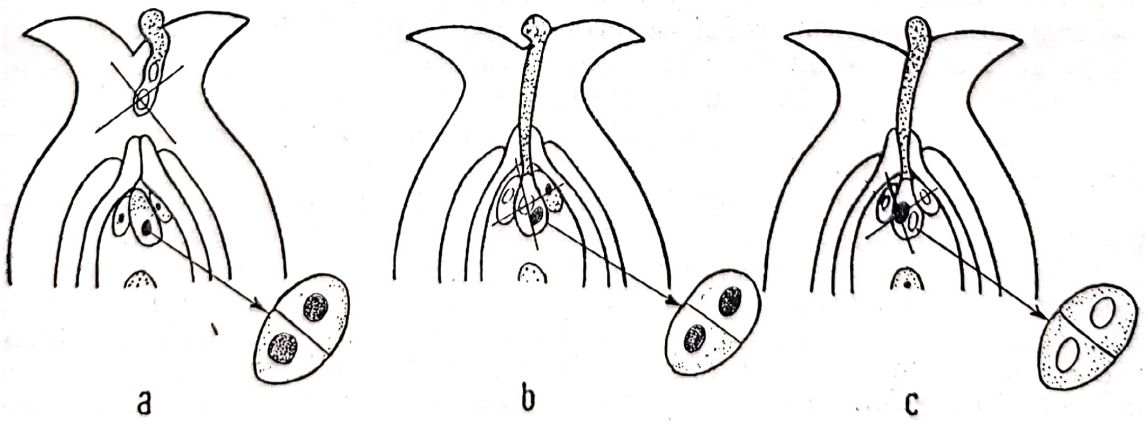


Fig. 112. Mecanismul haploidiei:
a și *b* — partenogeneză apogamică; *c* — partenogeneză androgenă.

Fig. 113. Cromozomi somatici la porumb:
a — garnitură haploidă; *b* — garnitură diploidă (original).

Haploizii sînt de mai multe feluri, în funcţie de numărul de cromozomi ai speciei iniţiale. Din schema de la fig. 109 reiese că prin euhaploidie se înţelege reducerea numărului de cromozomi exact la jumătate, indiferent de gradul de ploidie a formei iniţiale. În cadrul acestei mari grupe sînt incluse categoriile: *monohaploizi* (haploidul unei forme diploide), *polihaploizi* şi subcategoriile *autopolihaploizi* şi *alopolihaploizi*, care indică natura poliploidă la specia iniţială. După Y. Katayama (1963), în grupa aneuhaploidiei se includ toţi haploizii care se abat de la numărul înjumătăţit al formelor iniţiale.

Fenomenul de haploidie are o importanţă teoretică şi practică deosebită. Din punct de vedere teoretic, prin intermediul haploidiei se poate stabili dacă specia este diploidă sau poliploidă. Fertilitatea formei haploide constituie o dovadă că forma iniţială a fost de natură poliploidă. Din punct de vedere practic, haploidia prezintă importanţă prin faptul că dublarea numărului de cromozomi duce la obţinerea de forme homozigote mult solicitate în ameliorarea plantelor.

Mecanismul obţinerii de forme homozigote este următorul: la forma iniţială cromozomii omologi, de regulă, conţin gene în stare heterozigotă. Haploidul conţine cîte un singur cromozom din fiecare pereche de omologi, iar dublarea numărului de cromozomi haploizi duce la obţinerea de perechi omologe cu gene în stare homozigotă.

Dublarea numărului de cromozomi se realizează spontan, prin formarea nucleilor de restituţie sau artificial, prin tratarea plantelor haploide cu colchicină.

Întrucît plantulele haploide în primele faze de dezvoltare sînt identice cu cele normale, separarea lor prezintă o serie de dificultăţi.

Pentru înlăturarea acestor neajunsuri au fost găsite forme polenizatoare, care se deosebesc de cele mamă prin însuşiri dominante evidente, cum sînt culoarea stratului aleuronului la seminţe, a zigotului, a rădăcinilor etc. Aceste forme cu gene dominante în stare homozigotă se numesc *marcatori genetici*. Ei se folosesc la încrucişare permiţînd separarea formelor normale de cele haploide încă din stadiul de seminţe sau plantule (fig. 114).

Scanned with OKEN Scanner

Semințele sau plantulele care exteriorizează însușirile formei paterne sînt considerate normale (diploide sau poliploide) și se elimină. Semințele la care sînt prezente numai însușirile formei materne sînt apreciate ca haploide. Se verifică apoi numărul de cromozomi, urmînd ca haploizii depistați să fie tratați cu colchicină. Astfel se obțin forme perfect homozigote într-o singură generație, ceea ce prin autofecundare ar fi posibil numai după 6—7 generații (fig. 115).

Haploidia se folosește pe scară largă în ameliorarea porumbului, cartofului, tomatelor și altele.

Pentru ameliorarea cartofului, de exemplu, este necesară încrucișarea soiurilor din specia *Solanum tuberosum* cu diferite specii sălbatice, ceea ce este greu de realizat deoarece *S. tuberosum* este tetraploid. Prin obținerea de forme haploide (dihaploizi) de *S. tuberosum* se creează posibilitatea realizării încrucișării cu formele sălbatice. În diferite țări cu tradiție în cultura cartofului au fost create numeroase forme dihaploide. Din încrucișarea dihaploizilor cu speciile sălbatice ca *S. demissum, S. phureja, S. vernei, S. commersonii* și *S. stoloniferum* au fost creați hibrizi care suportă înghețuri de —3°C, precum și hibrizi rezistenți la nematozi, virusul Y și gîndacul de Colorado.

20.4. Inducerea artificială a poliploizilor la plante

După descoperirea poliploidiei ca fenomen care se întîlnește spontan în natură, s-a căutat să se găsească metode artificiale care să poată permite inducerea dirijată a poliploidiei. Acest lucru era cu atît mai necesar

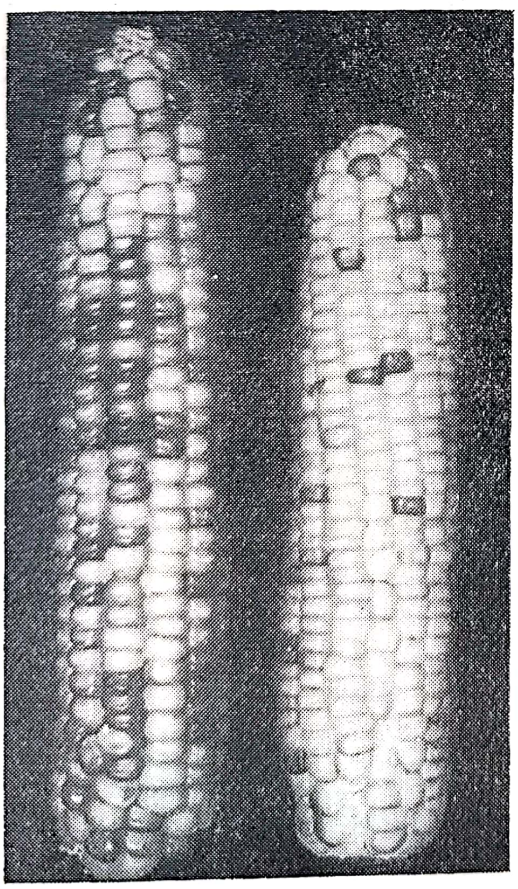


Fig. 114. Știuleți de porumb rezultați în urma încrucișării dintre soiuri cu bob galben și marcatori genetici (original).

Fig. 115. Linie de porumb obținută prin metoda haploidiei (original).

cu cît unii poliploizi prezintă însuşiri economice mai superioare decît formele diploide. Au fost experimentate mai multe metode:

1. *Regenerarea plantelor;* în urma unor traumatisme mecanice şi a altoirii s-a format calus cu celule poliploide.

2. *Tratarea plantelor cu temperaturi scăzute sau ridicate,* în special în timpul meiozei, a dus la dublarea numărului de cromozomi.

3. *Şocurile de temperatură* în prima diviziune mitotică a zigotului pot determina dublarea numărului de cromozomi.

4. *Iradierea organelor de plante* aflate în diviziune intensă duce în unele cazuri la formarea de poliploizi prin blocarea fusului nuclear.

5. *Tratarea plantelor cu substanţe chimice poliploidizante,* ca acetonaftenul, alfa monobromnaftalena şi altele.

6. *Metoda colchicinizării* pînă în prezent este cea mai folosită. Pe cale experimentală, prin intermediul colchicinei au fost obţinute forme poliploide la majoritatea plantelor experimentate.

Colchicina este un alcaloid care se extrage din brîndușa de toamnă (*Colchicum autumnale* $2n=38$). Colchicina are aspectul unui praf albgălbui, foarte toxic. La soare şi la temperaturi ridicate colchicina se degradează.

Tratamentele cu colchicină se fac direct asupra seminţelor în curs de germinaţie, asupra ţesuturilor cu diviziune mitotică intensă, cum sînt conurile de creştere, sau asupra butonilor florali, prin injectarea soluţiei apoase de colchicină. S-a constatat că şansele de obţinere a formelor poliploide sînt mai mari cînd se tratează plantele în primele faze de dezvoltare Pe măsură ce plantele avansează în vîrstă, numărul de celule creşte iar efectul tratamentului devine mai puţin eficace.

Concentraţia soluţiei de colchicină folosită în tratament este de la 0,1 la 1%, iar timpul de tratare de la cîteva ore pînă la 10—15 zile. În experienţele executate la Institutul de cercetări pentru cultura cartofului şi a sfeclei de zahăr, Z. Stănescu a obţinut cele mai bune rezultate prin tratarea plantulelor de sfeclă de zahăr imediat după răsărire, cu soluţie de colchicină de 1% aplicată pe conul de creştere, sub formă de picătură, timp de 15 zile. În cazul seminţelor, acestea după tratare se spală timp de 2—3 ore în curent de apă de robinet şi apoi se însămînţează.

7. *Tratarea zigotului cu protoxid de azot* N_2O este o metodă de mare perspectivă propusă de către G. Ostegren. Metoda constă în tratarea înflorescenţei după fecundaţie cu protoxid de azot la o presiune de 10 atmosfere timp de 24 de ore. Tratamentul trebuie executat în aşa fel încît să se acţioneze asupra primei diviziuni a zigotului. Această operaţie impune cunoaşterea timpului necesar dezvoltării tubului polinic şi fecundaţiei din momentul polenizării.

După tratament, inflorescenţele sînt amplasate pe un mediu nutritiv, în condiţii optime pentru dezvoltarea seminţelor. Metoda prezintă marele avantaj că permite obţinerea unei frecvenţe mai mari de seminţe poliploide, în timp ce la tratamentul cu colchicină se obţin ţesuturi himere, compuse din porţiuni poliploidizate şi nepoliploidizate sau chiar cu grade diferite de poliploidie.

După tratamentele cu colchicină se impune o verificare minuţioasă a numărului de cromozomi, în vederea izolării formelor poliploide.

Scanned with OKEN Scanner

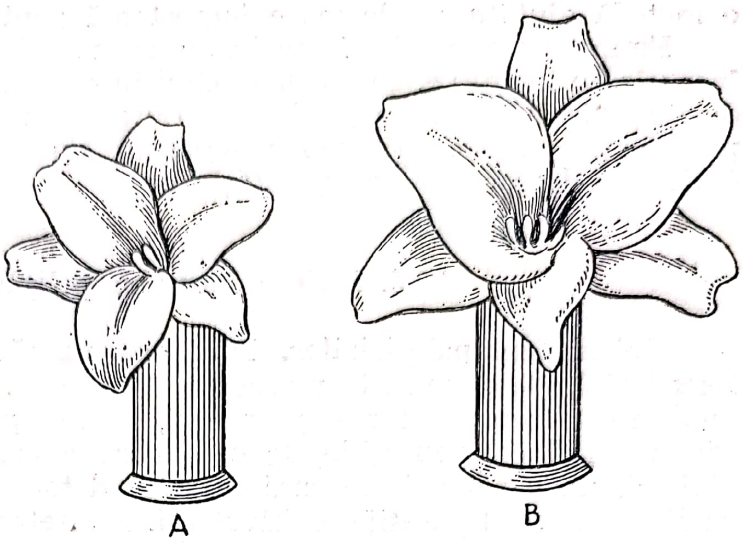


Fig. 116. Autohaploidia la crin:
A — diploid; *B* — tetraploid.

Determinarea formelor poliploide. Metoda cea mai precisă pentru stabilirea formelor poliploide este *verificarea citologică a numărului de cromozomi*. Această metodă este pe cît de sigură pe atît de greoaie, în special cînd se lucrează cu un număr mare de plantule.

De aceea s-a căutat să se stabilească o serie de metode ajutătoare care să permită trierea plantelor nepoliploidizate după o serie de însușiri morfologice, fiziologice sau citologice ușor de pus în evidență. S-a constatat că dublarea numărului de cromozomi duce la modificarea comportării plantei, se modifică metabolismul și strîns legat de aceasta aspectul exterior și productivitatea. Plantele poliploidizate sînt, de regulă, mai viguroase, cu frunze mai mari și mai groase, tije mai înalte, inflorescențe mai viguroase, celule mai mari (fig. 116). Stomatele și grăunciorii de polen ale plantelor poliploide se deosebesc prin dimensiuni crescînde, în funcție de gradul de ploidie (fig. 117). Dimensiunile constituie astfel

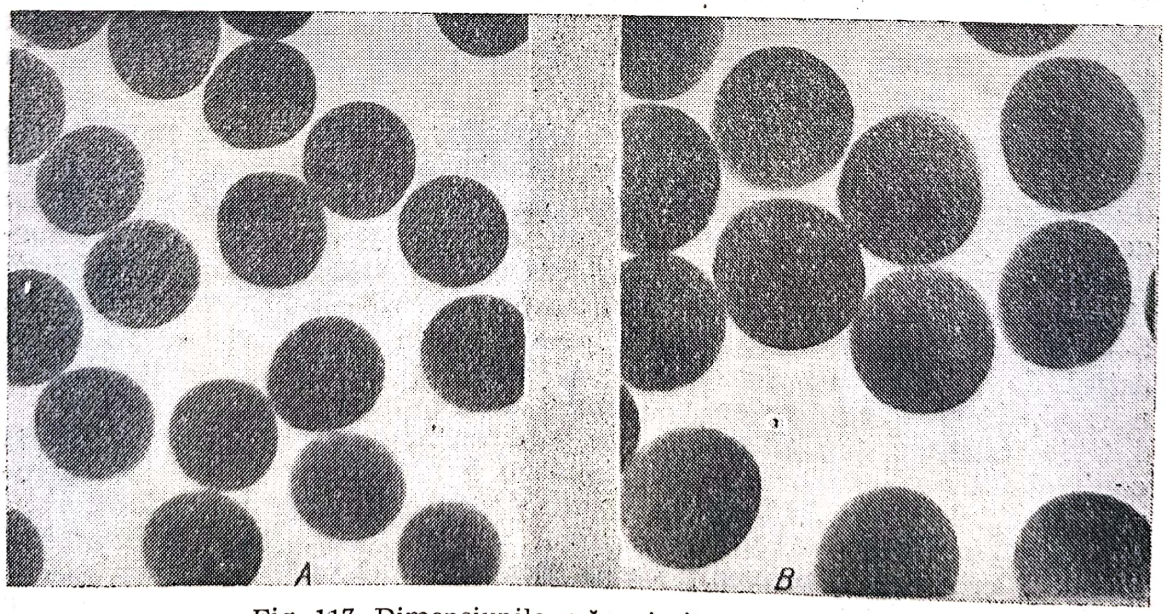


Fig. 117. Dimensiunile grăunciorilor de porumb:
A — diploid; *B* — tetraploid (original).

Scanned with OKEN Scanner

o metodă ajutătoare, de mare importanţă pentru separarea poliploizilor.

Formele poliploide identificate se menţin prin autofecundare sau încrucişare între ele. În cazurile cînd în cadrul unei plante sînt poliploidizate numai unele porţiuni de inflorescenţe sau organe vegetative, se procedează la înmulţirea lor separată, specific modului de înmulţire (autofecundare, încrucişare, butăşire).

20.5. Meioza formelor poliploidizate

Meioza autopoliploizilor. Dublarea numărului de cromozomi la o formă diploidă duce la formarea de tetraploizi. La tetraploizi fiecare cromozom este reprezentat de patru ori, ceea ce provoacă o serie de modificări privind configuraţiile de conjugare a cromozomilor în meioză. La diploizi, meioza se desfăşoară normal, datorită conjugării cromozomilor omologi în configuraţii de bivalenţi. La .tetraploizi, cromozomii se pot asocia cîte patru formînd tetravalenţi, cîte trei + 1 formînd *trivalenţi* şi *univalenţi* sau foarte rar în *bivalenţi* şi *univalenţi*.

De multe ori tetravalenţii, trivalenţii şi univalenţii nu se repartizează în mod egal spre cei doi poli ai celulei, ceea ce duce la formarea de gameţi cu număr inegal de cromozomi. Datorită acestui fenomen apar forme aneuploide cu o vitalitate redusă. Fertilitatea formelor tetraploide cu meioză aberantă este mai redusă decît la formele iniţiale diploide. Fertilitatea se poate îmbunătăţi prin selecţia formelor la care se constată că meioza decurge normal.

Dacă dublarea numărului de cromozomi se induce ascendent de la diploidie spre tetraploidie, octoploidie etc. se observă o meioză din ce în ce mai aberantă şi o fertilitate mai redusă, în funcţie de gradul de poliploidie.

Meioza autotriploizilor. În meioza autotriploizilor se formează trivalenţi, bivalenţi şi univalenţi. Repartizarea cromozomilor spre cei doi poli este puternic aberantă, gameţii fiind în marea lor majoritate sterili. De aceea, formele triploide se pot înmulţi numai pe cale vegetativă; la fel şi la pentaploizi, septaploizi etc.

Meioza alopoliploizilor. Meioza hibrizilor îndepărtaţi de regulă este puternic aberantă, datorită lipsei de omologie a cromozomilor proveniţi de la specii diferite. Aşa, de exemplu, încrucişarea speciilor *Triticum aestivum* × *Agropyrum intermedium*, ambele cu $2n=42$, duce la formarea unui hibrid complet steril, conjugarea cromozomilor în meioză fiind foarte slabă şi întîmplătoare. Se formează 2—3 bivalenţi inelari şi 5—6 bivalenţi drepţi (fig. 118). Dublarea numărului de cromozomi la un astfel de hibrid duce la crearea de bivalenţi, meioza desfăşurîndu-se normal, deoarece fiecare cromozom îşi autoreproduce omologul său.

Se întîlnesc însă şi cazuri cînd la hibrizii interspecifici cromozomii conjugă între ei asigurînd formarea de bivalenţi normali. Aşa, de exemplu, hibridul dintre *Papaver nudicaule* ($2n=14$) × *Papaver striatocarpus* ($2n = 70$) are $2n = 42$ de cromozomi şi este fertil. În meioza acestui hibrid 7 cromozomi proveniţi de la *Papaver nudicaule* se împerechează cu 7 cromozomi proveniţi de la *Papaver striatocarpus*, iar restul de 28 cromozomi formează 14 bivalenţi, asigurînd o meioză normală. Se ob-

Scanned with OKEN Scanner

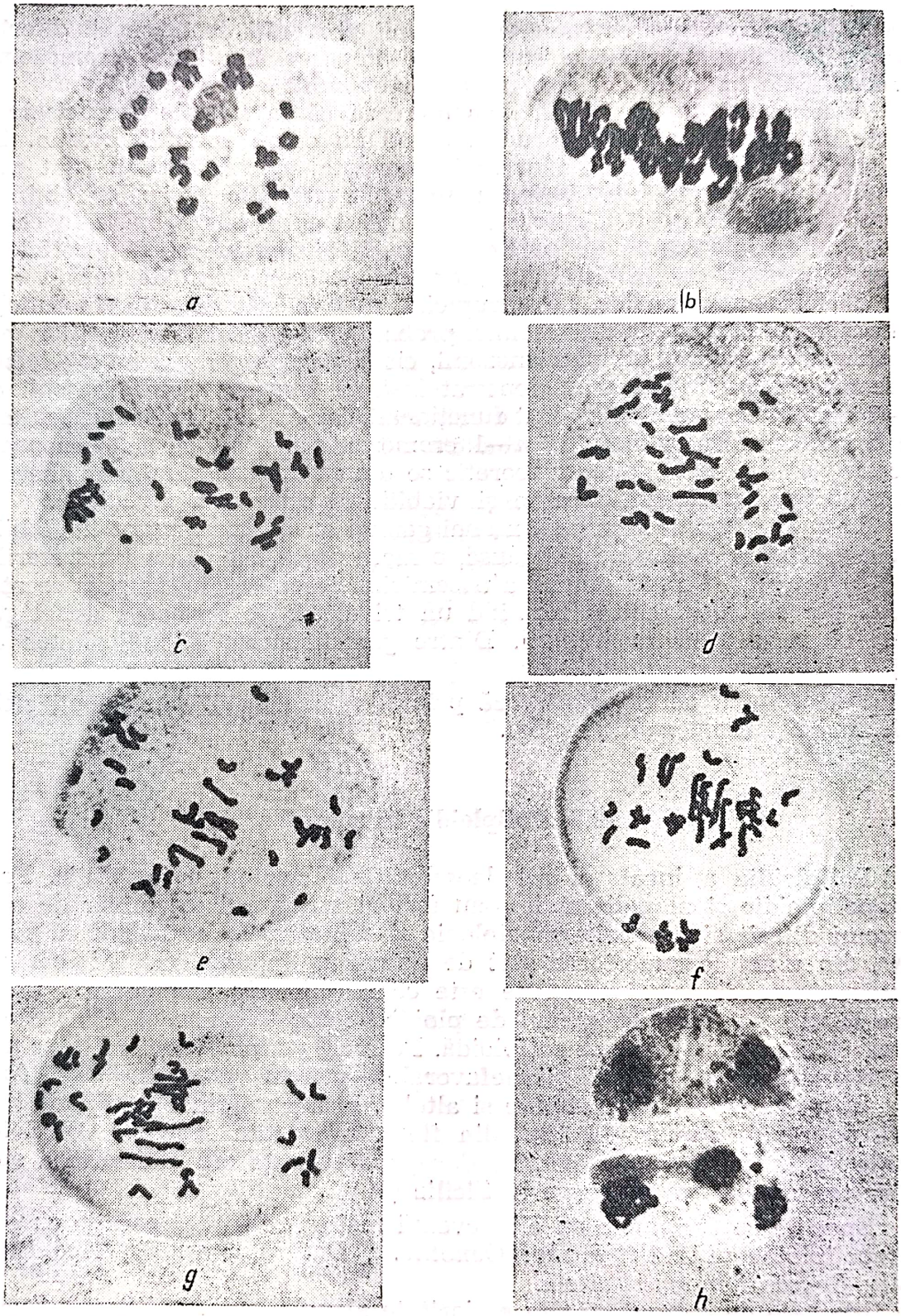


Fig. 118 Meioza hibridului *Triticum aestivum* × *Agropyrum intermedium*: *a* — diachineză normală cu 21_{II} (grîu); *b* — metafază normală cu 21_{II} (grîu); *c* — metafază I cu 2_{III}, 1_{II} inelar, I_{II} drept, 32_I ; *d* — metafază I cu 5_{II} drepți și 32_I ; *e* — metafază I cu 2_{III}, 4_{II}, 28_I ; *f* — metafază I cu I_{III}, I_{II} inelar, 6_{II} drepți, 25_I ; *g* — metafază I cu 6_{II} drepți și 26_I ; *h* — diadă cu micronuclei (original).

servă deci împerecherea între cromozomii proveniţi de la specii diferite (7+7), fenomen denumit *alosindeză* şi împerecherea între cromozomii proveniţi de la aceeaşi specie, fenomen denumit *autosindeză*.

Fenomenul de alosindeză demonstrează că la speciile încrucişate o parte din cromozomi sînt înrudiţi, avînd un drum evolutiv comun. Cu cît cazurile de alosindeză sînt mai frecvente cu atît speciile sînt mai înrudite. Fenomenul de alosindeză este caracteristic hibrizilor obţinuţi între speciile din genul *Triticum*. Fenomenul autosindeză apare în cazurile cînd în încrucişare au participat specii tetraploide etc. În astfel de situaţii, gameţii conţin cîte două garnituri de cromozomi de bază.

Meioza aneuploizilor. La aneuploizi, meioza este diferită, în funcţie de natura lor. Astfel la monosomici probabilitatea formării gameţilor este egală pentru gameţii cu n cromozomi, cît şi pentru gameţii cu n—1 cromozomi. Experienţele au demonstrat însă că dintre gameţii masculi cu n—1 cromozomi numai 4% sînt funcţionali. La gameţii femeli, în schimb, se formează 75% gameţi cu n—1 cromozomi şi 25% cu n cromozomi. Aceste abateri de la calculul teoretic se datorează, desigur, unor aberaţii în diviziunea meiotică, precum şi viabilităţii diferite a gameţilor.

La nulisomici se formează numai gameţi cu n—1 cromozomi. Viabilitatea gameţilor masculi este redusă, o mare parte din polen fiind sterilă.

În diviziunea reducţională a trisomicilor, cromozomul în plus se ataşează perechii de omologi formînd un trivalent. Se formează astfel gameţi cu n şi $n+1$ cromozomi. Dintre gameţii masculi, majoritatea cu $n+1$ cromozomi sînt sterili.

Tetrasomicii se caracterizează prin formarea unui tetravalent, alcătuit din cei 4 cromozomi omologi.

20.6. Poliploidia în natură

Poliploidia a jucat un rol deosebit de important în evoluţie. Prin autopoliploidie şi alopoliploidie s-au format specii noi cu număr de cromozomi diferit şi deosebite morfologic şi calitativ. Se consideră că peste 35% din plantele superioare sînt de natură poliploidă. G. Tischler arată că flora Europei Centrale este constituită din 721 genuri, dintre care la 625 s-a cercetat gradul de ploidie, constatîndu-se că 419 genuri, adică 64,2% sînt de natură poliploidă. Formele poliploide se întîlnesc mai frecvent în zonele cu condiţii nefavorabile pentru viaţa plantelor (Arctica, deşerturile, regiunile alpine şi altele). În zona alpină din Pamir speciile poliploide reprezintă 80% din floră. Frecvenţa speciilor poliploide creşte de la Ecuator spre pol. În Europa, frecvenţa cea mai mică a speciilor tetraploide se întîlneşte în Sicilia (31%).

Speciile alopoliploide au o frecvenţă mai mare în comparaţie cu cele autopoliploide putînd fi citate: *Oenothera, Datura, Primula, Aconitum, Salix, Crysanthemum* şi altele.

Plantele de cultură sînt în majoritate alopoliploide: *Triticum, Avena, Gossypium, Brassica* şi altele. Speciile care alcătuiesc seriile poliploide ale genurilor sînt, de regulă, alopoliploizi. Multe dintre genuri au două serii poliploide; aşa, de exemplu, genul *Vicia* are specii cu numărul de bază = 6 şi specii cu numărul de bază = 7; *Vicia sativa* $2n=12$; *V. pan-*

Scanned with OKEN Scanner

nonica $2n=12$; *V. striata* $2n+12$; *V. tenuifolia* $2n=24$; II. *V. villosa* $2n=14$; *V. hirsuta* $2n=28$; *V. tetrasperma* $2n=28$ de cromozomi.

Pe măsură ce flora este studiată din punct de vedere citologic numărul speciilor poliploide creşte.

20.7. Poliploidia la animale

La animalele cu sexul diferenţiat poliploidia se întîlneşte foarte rar. Cauza constă în sterilitatea completă a unor astfel de forme provocată de tratamentul cu colchicină.

Au fost obţinute pe cale experimentală forme autopoliploide la viermele de mătase *(Bombyx mori)*, la tritoni *(Triturus)*, la axolot *(Axolotus)*, iar la şoareci şi la iepuri s-au obţinut numai zigoţi autotetraploizi. La animalele cu înmulţire partenogenetică poliploidia se realizează asemănător plantelor. Exemple de serii poliploide se întîlnesc la ascaride, rîme, amfibii, fluturi şi altele.

În familia rîmelor *(Lumbricidae)* se întîlnesc serii poliploide cu diferite numere de bază: 11, 16, 17, 18 şi 19 cromozomi.

Alopoliploidia la animale era considerată pînă nu demult o problemă de nerealizat. În ultimii ani, B. Astaurov a reuşit să creeze primul alopoliploid *Bombyx mori* × *B. mandarina*.

Se pare că poliploidia nu a constituit o cale importantă în evoluţia animalelor. Pentru evoluţia animalelor un rol deosebit i-a revenit restructurării intercromozomale şi intracromozomale.

CAPITOLUL 21

GENETICA POPULAŢIILOR

21.1. Structura genetică a populaţiei

Specia, unitate taxonomică de bază, se compune din populaţii ca unităţi fundamentale ale acesteia. Termenul de *populaţie*, deşi a fost propus încă în anul 1903 de către W. Johannsen, pînă în prezent nu s-a ajuns la o definiţie unanim acceptată. Pentru a delimita deosebirile faţă de *linia pură*, prin populaţie se înţelege *un grup de indivizi heterogeni din punct de vedere ereditar, care au aceeaşi origine, ocupă un areal cu condiţii ecologice comune şi se aseamănă mai mult între ei decît cu indivizii altor grupe apropiate.*

La speciile cu polenizare autogamă, populaţia este constituită dintr-un amestec de mai multe linii pure, homozigote, iar la speciile cu polenizare alogamă populaţia reprezintă un amestec de homozigoţi şi heterozigoţi în continuă schimbare datorită fecundării cu polen străin şi recombinărilor genetice.

Scanned with OKEN Scanner

Genetica populațiilor este o nouă ramură a biologiei care s-a dezvoltat în ultimele decenii datorită aplicării legilor matematice în explicația fenomenelor genetice, strîns legate de evoluție.

În determinarea populației, spre deosebire de specie, un accent deosebit se pune pe posibilitatea încrucișării indivizilor dintre populațiile aceleiași specii. Din punct de vedere genetic, specia reprezintă un sistem genetic închis, iar populația un sistem genetic deschis. Procesul formării speciilor, în general, constă în transformarea sistemelor genetice deschise în sisteme genetice închise.

Genetiștii și amelioratorii lucrează cu soiuri de plante, rase de animale, hibrizi și linii pure. Soiurile și rasele îndeplinesc toate condițiile pentru a fi considerate populații. Soiurile, atît cele cu polenizare autogamă cît și cele cu polenizare alogamă, par uniforme, deși genetic ele sînt populații alcătuite din mai multe genotipuri.

Valoarea soiului depinde de structura sa genetică, condiționată de frecvența diferitelor alele și de frecvența genotipurilor constituente.

Pentru lucrările de ameliorare se impune cunoașterea structurii genetice a soiului sau a rasei. Studiul populațiilor din care se compune un soi se face prin metode descriptive și genetice.

Metoda descriptivă are la bază fenotipul biotipurilor din populație, exteriorizat în strînsă relație cu mediul înconjurător. Metoda nu este suficientă, deoarece multe organisme asemănătoare fenotipic pot fi diferite genotipic.

Metoda genetică se bazează pe analiza hibridologică a segregării formelor heterozigote. Prin această metodă genotipurile care prezintă interes economic pot fi aduse în stare homozigotă și folosite în programul de ameliorare în scopul creării de noi soiuri sau pentru ameliorarea celor existente.

Structura genetică a populațiilor depinde în primul rînd de *modul de înmulțire a organismelor*. La speciile alogame dioice și la majoritatea animalelor, datorită *panmixiei*, fiecare femelă are șanse egale de a se împerechea cu oricare mascul din populație. La plantele alogame monoice și la cele hermafrodite, datorită construcției organelor florale, are loc într-o oarecare măsură și autofecundarea.

La plantele autogame se întîlnesc mai multe particularități de polenizare, ca: *autogamia strictă* (cleistogamia), *idiogamia*, polenizarea efectuîndu-se în cadrul unei flori și *geitogamia*, cînd fecundarea se face numai cu polen din cadrul aceleiași plante.

Reiese, astfel, că plantele nu au un mod strict de polenizare, întîlnindu-se un raport oarecare între panmixie și autogamie, raport care trebuie cunoscut de ameliorator.

Înmulțirea panmictică favorizează recombinarea genetică și starea de heterozigoție a populațiilor, contribuind, alături de procesul mutagen, la mărirea variabilității genetice, deși indivizii unei populații priviți în ansamblu par identici.

Datorită modificărilor care au loc în urma schimbului de informație genetică, populația se modifică sau rămîne în echilibru. Asupra polimorfismului intrapopulațional o influență destul de mare exercită selecția.

Studiul fenomenelor care au loc în cadrul populațiilor constituie obiectul geneticii populațiilor.

Scanned with OKEN Scanner

21.2. Echilibrul genetic în populațiile autogame

Pentru ilustrarea structurii și dinamicii populației cu reproducere autogamă perfectă să presupunem că o oarecare populație a unei specii autogame se compune din liniile *AA* și *aa*. Selecția nu acționează asupra acestor grupe de indivizi și ei rămîn în structura inițială pînă cînd datorită mutațiilor sau unor încrucișări spontane apar indivizi heterozigoți *Aa*. În acest fel, populația se compune de acum din 3 genotipuri *AA; Aa* și *aa*.

Modul în care structura populației este influențată de noul genotip, poate fi urmărit în exemplul următor: Indivizii, atît homozigoți *AA, aa*, cît și cei heterozigoți *Aa* continuă să se înmulțească prin autogamie perfectă. Soarta genotipului *Aa* va fi cea stabilită de raportul de segregare monohibridă, adică se va diminua numeric din an în an după cum urmează (presupunînd că fiecare plantă va da 4 descendenți):

Părinți $Aa \times Aa$

F_1 $AA + 2Aa + aa$

F_2 $4AA \quad 2AA + 4Aa + 2aa \quad 4aa$

sau

$3AA + 2Aa + 3aa$

S-a stabilit că numărul genotipurilor diferite în descendența unui heterozigot pentru o singură pereche de alele, în cazul autogamiei perfecte, poate fi calculat după formula:

$$(2^{n-1})\, AA : 2Aa : (2^{n-1})\, aa,$$

în care n este numărul generațiilor.

Pentru generația F_2, structura genotipurilor provenite din heterozigot este $3AA + 2Aa + 3aa$. Folosindu-se formula de mai sus se poate stabili structura și dinamica populației pentru orice generație (tabelul 19).

Tabelul 19

Modificarea proporției de genotipuri în descendența unui heterozigot cu autofecundare perfectă

Genotipuri	Generații										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	20
AA	1	3	7	15	31	63	127	255	511	1 023	1 047 000
Aa	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
aa	1	3	7	15	31	63	127	255	511	1 023	1 047 000
Heterozigoți în %	49	25	12,5	6,5	3,1	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,00009

Exemplul dat demonstrează că numărul heterozigoților rămîne nemodificat, iar numărul homozigoților crește continuu. Populația devenită heterozigotă prin mutageneză spontană sau prin încrucișare revine astfel la vechea structură genetică. Același fenomen are loc și atunci cînd formarea populației ar începe de la unul sau mai mulți indivizi heterozigoți *Aa*.

Scanned with OKEN Scanner

Se știe însă că indivizii pot deveni heterozigoți pentru mai multe perechi de alele, de exemplu *Aa, Bb* etc. În astfel de situații, exemplul matematic prezentat rămîne valabil. Peste douăzeci de generații se formează o populație constituită din linii homozigote al căror număr corespunde cu numărul de alele; în exemplul dat, din liniile *AA; aa; BB* și *bb*.

Procesul mutagen spontan adaugă an de an în patrimoniul ereditar mutații recesive și chiar dominante. Dinamica genotipurilor arată că trecerea lor rapidă în stare homozigotă permite selecției naturale să înlăture tot ce este necorespunzător, reținînd doar pe cele care contribuie la întărirea speciei prin vitalitate și prolificitate.

21.3. Structura și echilibrul populațiilor alogame (panmictice)

Animalele și marea majoritate a plantelor se înmulțesc pe calea încrucișării libere între indivizii care alcătuiesc populația și în cadrul acestor populații procesele evolutive se desfășoară după legi biologice bine determinate, avînd rolul de a menține structura genetică și de a asigura echilibrul optim al populației.

Pentru ilustrare să presupunem că o populație alogamă provine din încrucișarea a două forme cu genotipuri diferite, adică *AA* și *aa* numeric egale. O astfel de populație panmictică formează un număr egal de gameți feminini și masculini atît cu gena *A* cît și cu *a*, respectiv *0,5 A* și *0,5 a*, care unindu-se după legile probabilității dau în F_1 combinații corespunzătoare raportului de segregare monohibridă, adică după prima încrucișare populația se va compune din:

25% indivizi homozigoți *AA*
50% indivizi heterozigoți *Aa*
25% indivizi homozigoți *aa*.

Generația următoare se va compune din indivizi rezultați din combinarea gameților proveniți de la indivizii cu genotipurile *AA*, *Aa*, *Aa* și *aa* (tabelul 20).

Tabelul 20

Proporția genotipurilor în descendența populației alogame rezultată din încrucișarea formelor AA și aa

G:1)	AA	Aa	Aa	aa
AA	4 AA	2 AA; 2 Aa	2 AA; 2 Aa	4 Aa
Aa	2 AA; 2 Aa	1 AA; 2 Aa; 1 aa	1 AA; 2 Aa; 1 aa	2 Aa; 2 aa
Aa	2 AA; 2 Aa	1 AA; 2 Aa; 1 aa	1 AA; 2 Aa; 1 aa	2 Aa; 2 aa
aa	4 AA	2 Aa; 2 aa	2 Aa; 2 aa	4 aa

Totalizînd genotipurile pe grupe rezultă: $16AA+32Aa+16aa$.

Se constată tendința populației de a menține raportul de segregare genotipică de 1 : 2 : 1, care să păstreze un echilibru între starea de homozigoție și cea de heterozigoție a genelor.

Scanned with OKEN Scanner

Tendința populațiilor de a păstra structura genetică prin care se asigură echilibrul optim se numește *homeostazie*.

Datorită homeostaziei, populațiile, în urma schimbului continuu de informație ereditară, se mențin ca sisteme genetice unitare posedînd însușirea de autoreglare. De aceea, prin homeostazie trebuie înțeleasă însușirea genetică de autoreglare a populației, care are rolul de a reface frecvența genelor caracteristică populației respective, frecvență care poate fi dereglată sub acțiunea factorilor evoluției.

Totalitatea informației genetice pe care o posedă o populație constituie *genofondul populației*. Acesta cuprinde o multitudine de gene, a căror frecvență este diferită.

Metodele statistice elaborate pînă în prezent permit determinarea frecvenței genelor și a indivizilor homozigoți și heterozigoți din populații după următorul exemplu:

Presupunem că populația se compune din N indivizi diploizi în cadrul căreia ne interesează alelele *A* și *a*. Suma genelor *A* și *a* este 2 N, constituind genotipurile *AA*, *Aa* și *aa*. Notînd homozigoții dominanți *AA* prin *D*, cei heterozigoți *Aa* prin *H*, iar homozigoții recesivi prin *R* obținem că populația $N=D+H+R$.

Frecvența genelor dominante *p* sau recesive *q* poate fi determinată după formulele:

$$p=\frac{2D+H}{2N} \text{ sau } \frac{D+\frac{1}{2}H}{N} \text{ și } q=\frac{2R+H}{2N} \text{ sau } \frac{R+\frac{1}{2}H}{2N}$$

Suma frecvențelor *A* și *a*, adică $p+q$, este egală cu 100 sau 1. Genele *A* și *a* pot avea aceeași frecvență 0,5+0,5, dar de regulă aceasta diferă. Dacă într-o populație frecvența genei *A* este de 9 ori mai mare decît a genei *a*, iar suma lor egală cu 1, adică 0,9 pentru *A* și 0,1 pentru *a*, structura populației poate fi exprimată în următoarele procente:

81% pentru indivizii homozigoți *AA*

18% pentru indivizii heterozigoți *Aa*

1% pentru indivizii homozigoți *aa* (tabelul 21).

Tabelul 21

Frecvența genelor A și a într-o populație

Gameți ♂ / ♀	0,9 A	0,A a
0,9 A	0,81 AA	0,09 Aa
0,1 a	0,09 Aa	0,01 aa

Datorită însușirii de autoreglare frecvența genelor se menține în echilibru din generație în generație.

Scanned with OKEN Scanner

21.4. Legea Hardy-Weinberg

În anul 1908, matematicianul englez G. Hardy și medicul german V. Weinberg au elaborat legea care se află la baza geneticii populațiilor cu înmulțire alogamă, lege exprimată printr-o formulă algebrică. După formula Hardy — Weinberg frecvența perechilor alele dominante și recesive din populație se determină conform coeficientului de distribuție a binomului lui Newton $(p+q)^2$.

Pentru aplicarea principiilor Hardy — Weinberg se cer respectate o serie de condiții: *1*) populația să aibă un număr mare de indivizi; *2*) indivizii să se poată încrucișa *panmictic* (liber); *3*) indivizii să aibă același grad de fertilitate și **vitalitate;** *4*) să nu fie supuși selecției, *5*) mutațiile să apară cu aceeași frecvență sau să fie atît de rare încît să poată fi neglijate. Respectarea acestor cerințe este aproape imposibilă si de aceea legea Hardy — Weinberg rămîne valabilă numai pentru populațiile ideale. Cu toate acestea, pe legea Hardy — Weinberg se bazează studiul cantitativ al modificărilor genetice ce au loc în dinamica populațiilor, condiționate de acțiunea factorilor evoluției, ca: selecția, mutațiile, limitarea numărului de indivizi prin mecanismul interrelațiilor și altele.

G. Hardy și V. Weinberg au pornit de la constatarea că în condiții determinate populațiile cu caractere dominante și recesive sînt constituite din indivizi care se află într-un raport bine determinat, frecvența fiecărei alele avînd tendința de a rămîne constantă într-un număr mare de generații.

Frecvența genei dominante (*A*) a fost notată cu *p*, iar a alelei recesive (*a*) cu *q*, care de fapt este egală cu 1-*p* suma *p*+*q* fiind egală cu 1. Din unirea gameților cu frecvența *p* și *q* se formează o populație cu următoarele frecvențe și genotipuri (tabelul *22*).

Tabelul 22

Combinațiile posibile ale gameților în populațiile cu înmulțire alogamă

Gameți femeli	Gameți masculi	
	A (p)	a (q)
A (p)	AA (p^2)	Aa (pq)
a (q)	Aa (pq)	aa (q^2)

Din tabelul *22* reiese distribuția:

$p^2AA+2pq\ Aa+q^2\ aa$ ca expresie algebrică ce exprimă legea Hardy — Weinberg din care rezultă că:

— suma indivizilor homozigoți dominanți este egală cu pătratul frecvenței pentru gena dominantă (p^2);

— suma indivizilor homozigoți recesivi este egală cu pătratul frecvenței pentru gena recesivă (q^2);

Scanned with OKEN Scanner

— suma indivizilor heterozigoţi este egală cu produsul frecvenţei ambelor alele înmulţit cu doi (2 *pq*).

Conform legii Hardy — Weinberg, raportul homozigoţi dominanţi, homozigoţi recesivi, heterozigoţi rămîne constant, deoarece întotdeauna există posibilitatea întîlnirii a trei genotipuri *AA*, *Aa*, *aa*, fiecare genotip putînd fi fecundat cu aceeaşi probabilitate atît de gameţii masculi proprii, cît şi de cei de la celelalte două genotipuri (tabelul *23*).

Tabelul 23

Frecvenţa şi posibilitatea combinării indivizilor din populaţii alogame în raportul 1/4 AA+1/2 Aa+1/4 aa

Gameţi feminini	Gameţi masculini	Frecvenţa	Suma homozigoţilor şi heterozigoţilor în descendenţă
AA	AA	1/4×1/4	1/16 AA
AA	Aa	1/4×1/2	1/16 AA+1/16 Aa
AA	aa	1/4×1/4	1/16 Aa
Aa	AA	1/2×1/4	1/16 AA+1/16 Aa
Aa	Aa	1/2×1/2	1/16 AA+1/8 Aa+1/16 aa
Aa	aa	1/2×1/4	1/16 Aa+1/16 aa
aa	AA	1/4×1/4	1/16 Aa
aa	Aa	1/4×1/2	1/16 Aa+1/16 aa
aa	aa	1/4×1/4	1/16 aa
		Total	4/16 AA+8/16 Aa+4/16 aa
		Simplificat	1/4 AA+2/4 Aa+1/4 aa

Rezultatul simplificat din tabelul 23 indică 1/4 *AA*+2/4 *Aa*+1/4 *aa* ceea ce corespunde cu p^2 *AA*+2pq *Aa*+q^2 *aa*, demonstrînd menţinerea echilibrului genetic în populaţie. Cu ajutorul legii Hardy — Weinberg se poate determina concentraţia genelor din oricare pereche de alele dacă este cunoscută frecvenţa indivizilor cu fenotip recesiv. De exemplu, pe o suprafaţă de porumb de 0,25 ha se cultivă 10 000 de plantule de porumb din care 9 996 cu colorit normal, verde, iar 4 mutaţii recesive albinotice. Frecvenţa fenotipului dominant este astfel de 99,96 iar a celui recesiv de 0,04%.

Relaţia fenotipului recesiv faţă de celelalte este $aa=q^2=0{,}0004$. Concentraţia genei $a=\sqrt{q^2}=\sqrt{0{,}004}=0{,}02$ adică 2%.

În continuare se poate stabili raportul dintre homozigoţi (*AA*) şi heterozigoţi (Aa), cunoscînd că $p^2=0{,}98^2=0{,}9604$ sau 96,04%, homozigoţi dominanţi.

Heterozigoţii *Aa* au culoarea verde şi nu pot fi identificaţi fenotipic; dar, cu ajutorul formulei Hardy — Weinberg frecvenţa heterozigoţilor poate fi determinată folosindu-ne de rezultatele obţinute pentru *p* şi *q* astfel:

$Aa=2pq=2\cdot 0{,}98\cdot 0{,}02=0{,}0392$ sau 3,92%.

În exemplul dat se obţin următoarele rezultate finale:

homozigoţi dominanţi verzi $p^2=96{,}04\%$;

heterozigoţi verzi $2pq=3{,}92\%$;

homozigoţi recesivi albinotici $q^2=0{,}04\%$.

Scanned with OKEN Scanner

Legea Hardy — Weinberg prezintă interes deosebit atît pentru ameliorarea plantelor și animalelor, cît și pentru medicină.

La plante, cunoscînd existența unei mutații recesive favorabile într-o oarecare populație se poate calcula probabilitatea exteriorizării ei în stare homozigotă, ceea ce prezintă un interes deosebit pentru stabilirea metodelor de selecție.

În genetica umană, legea Hardy — Weinberg prezintă importanță pentru stabilirea apariției și exteriorizării în fenotip a acțiunii genelor recesive.

La om sînt cunoscute numeroase maladii ereditare recesive, dintre care multe afectează metabolismul. Fenilketonuria se datorează unei perechi de gene recesive care în stare homozigotă blochează descompunerea aminoacidului fenilalanină ducînd la acumularea în sînge a acidului fenilpiruvic cu influență gravă asupra sistemului nervos. Indivizii afectați prezintă tulburări psihice numite idioție fenilpiruvică. S-a stabilit că gena recesivă care condiționează fenilketonuria are o frecvență de 0,005. Folosindu-ne de formula Hardy — Weinberg stabilim: $q=0,005$; $p=0,995$ iar $2pq=2\times0,995\times0,005=0,01$.

Reiese că unul din 100 de oameni este purtătorul genei recesive de fenilketonurie. Pericolul cumulării genelor recesive în stare homozigotă poate fi înlăturat prin evitarea căsătoriilor înrudite.

Legea Hardy — Weinberg poate fi folosită pentru stabilirea frecvenței la orice maladie condiționată de gene recesive, astfel: Notăm cu *DD* genotipul homozigot dominant, cu *Dd* pe cel heterozigot și cu *dd* organismul afectat de maladia recesivă. În cazul acesta populația în care există maladia recesivă se compune din trei categorii de indivizi: homozigoți dominanți p^2 (*DD*), homozigoți recesivi q^2 (*dd*), heterozigoți 2pq (*Dd*).

Se apreciază că frecvența genei recesive este de $\frac{1}{100}$ (0,01), iar a celei dominante de $\frac{99}{100}$ (0,99). Frecvența celor trei categorii de indivizi *DD* (p^2), *dd* (q^2) și *Dd* ($2pq$) va fi următoarea:

$p^2=0,99\times0,99=0,98$ (98%)

$q^2=0,01\times0,01=0,0001$ (0,01%)

$2pq=2\times0,99\times0,01=$ 0,0198 (aproximativ 2%)

Reiese că într-o populație cu o mutație recesivă de $\frac{1}{100}$ posibilitatea exteriorizării maladiei respective este de 1 la 10 000 indivizi.

21.5. Factorii care modifică frecvența genelor în populații

Echilibrul genetic în care se menține genofondul populațiilor rămîne constant atît timp cît nu intervin factori externi modificatori, ca: mutațiile, selecția, migrația etc., care modifică frecvența genelor.

Mutațiile. Procesul mutagen este caracteristic tuturor populațiilor avînd loc o introducere permanentă de modificări ereditare.

Pentru oricare pereche de gene alele, de exemplu *A* și *a* mutațiile pot apare în două direcții: direct $A \longrightarrow a$ sau reversiv $a \longrightarrow A$. Dacă

Scanned with OKEN Scanner

frecvența celor două direcții este egală, concentrația genelor rămîne aceeași ($pA = qa$). În toate cazurile cînd acest raport de egalitate nu se respectă, în populație apar mutații care pot modifica structura genetică și fenotipică a populației.

Exteriorizarea mutației depinde de frecvența genelor modificate și de valoarea mutației exteriorizată în fenotip. Mutațiile necorespunzătoare condițiilor de mediu sînt eliminate din populație prin selecție naturală.

Selecția naturală exercită cea mai puternică influență asupra structurii populației, datorită faptului că unele genotipuri au o capacitate adaptivă mai mare. Ea acționează asupra populației sau speciei atît ca un sistem de factori cu rol pozitiv cît și negativ, putîndu-se vorbi despre selecție pozitivă și selecție negativă.

Selecția pozitivă asigură prosperitatea speciei, întărindu-i capacitatea de luptă pentru existență. În urma selecției pozitive supraviețuiesc indivizii cei mai valoroși din punct de vedere biologic și adaptiv. Răpitoarele, de exemplu, dacă nu sînt în număr prea mare, exercită o selecție pozitivă asupra speciei.

În cadrul speciei de căprioare pot apare mutații recesive cu o vitalitate scăzută și receptive la îmbolnăviri. Aceste mutante cad pradă cu ușurință în fața răpitorului și prin selecție negativă sînt eliminate din reproducere favorizînd înmulțirea celor cu însușiri favorabile.

În general, selecția limitează răspîndirea genelor nefavorabile, în timp ce genele care favorizează unele organisme în lupta lor pentru existență își măresc frecvența.

În cazul cînd într-o populație sînt gene recesive letale, acestea în stare homozigotă provoacă moartea sau sterilitatea, eliminînd indivizii, În populațiile mici, genele recesive se elimină cu o viteză mai mare datorită posibilității sporite de combinare în stare homozigotă.

Eliminarea genelor recesive nu este niciodată definitivă, deoarece procesul mutagen are un caracter continuu. Într-o concentrație de sub 1% posibilitatea apariției homozigoților recesivi este redusă aproape la zero, genele recesive existînd totuși în genotipul populației.

Driftul genetic. Prin drift se înțelege modificarea întîmplătoare a frecvenței genelor în populațiile mici.

În populațiile mici se poate întîmpla ca din fecundația heterozigoților să rezulte numai indivizi cu gene dominante, dispărînd genele recesive sau chiar cele dominante. Ca exemplu poate servi o populație mică de grîu nearistat cu genotip heterozigot *Aa*, caracterul de nearistat fiind condiționat de genele *A*. Din combinarea gameților este posibilă apariția numai a genotipului *aa*, însușirea de nearistat dispărînd. Astfel de întîmplare este puțin posibilă atunci cînd populația se compune dintr-un număr mare de indivizi.

În ameliorarea plantelor și animalelor se cunosc numeroase cazuri cînd genele valoroase au fost pierdute datorită numărului mic de indivizi din populația cu care s-a lucrat.

Migrația. Este fenomenul de modificare a frecvenței genelor într-o populație datorită schimbului de indivizi cu o altă populație, în care frecvența acelorași gene este diferită.

Scanned with OKEN Scanner

Efectul migrației este cu atît mai mare cu cît populația cu care se vine în contact este mai mică și cu cît diferența frecvenței genelor între cele două populații este mai accentuată.

Condițiile de existență. Acestea pot influența structura genetică și dinamica populațiilor. Prin condiții de existență se înțelege atît mediul abiotic, ca hrana, temperatura, lumina, umiditatea și altele cît și condițiile biotice formate din relațiile cu alte organisme în cadrul aceleiași specii sau între specii diferite.

Izolarea geografică provocată de bariere naturale (fluvii, lacuri de acumulare) sau de fenomene geologice poate favoriza încrucișarea anumitor indivizi, împiedicînd în același timp împerecherea cu alții.

În unele condiții de mediu se pot produce restructurări cromozomice care condiționează apariția de gameți sterili sau puțin viabili, uneori chiar incompatibilitate genetică.

Echilibrul genetic rămîne constant atît timp cît factorii care au dus la realizarea lui nu se schimbă. În momentul cînd unul din acești factori se modifică, populația intră într-un proces evolutiv care duce în cele din urmă la realizarea unui nou echilibru genetic.

Dintre factorii enumerați, selecției naturale îi revine rolul de a controla și menține structura genetică optimă a populațiilor.

CAPITOLUL 22

PRINCIPII DE GENETICĂ UMANĂ

22.1. Dezvoltarea cunoștințelor despre ereditatea omului

Avîntul înregistrat de genetică la începutul secolului al XX-lea a influențat în mare măsură și cercetările de genetică umană, deși dezvoltarea acestora mai rămîne mult timp în urmă. După anul 1940, genetica microorganismelor, a plantelor și animalelor descifrează natura chimică și moleculară a eredității, în timp ce numărul de cromozomi la om nu era încă stabilit cu precizie. După stabilirea cariotipului uman, la mijlocul secolului al XX-lea, s-a reușit ca într-o perioadă de cîțiva ani cunoștințele despre maladiile ereditare să facă progrese uimitoare.

Rămînerea în urmă a cercetărilor de genetică umană se explică printr-o serie de cauze. Astfel, genetica plantelor, a animalelor și a microorganismelor a beneficiat de posibilitatea efectuării unor experiențe multiple pe obiecte adecvate, ca: mazărea, porumbul, musculița vinului, *Neurospora crassa*, *Escherichia coli* și altele. Spre deosebire de acestea, omului nu i se pot impune experiențe, încrucișarea forțată sau consangvinizarea. Timpul necesar pentru a se stabili particularitățile ereditare ale unei generații este foarte îndelungat, pînă la 30 de ani. Fecunditatea este redusă, rezumîndu-se la cîțiva copii, iar uneori chiar la unul. Pentru studiul eredității omului a fost necesară o perioadă de căutări pentru rezolvarea problemelor de metodologie. S-a recurs la studiul familiilor cu grad ridicat de consangvinitate.

Scanned with OKEN Scanner

Un rol deosebit în dezvoltarea geneticii umane l-a avut perfecționarea tehnicii microscopice și de colorare a cromozomilor. Un succes deosebit se înregistrează în urma elaborării metodelor care au permis obținerea de diviziuni la leucocite cultivate în mediu artificial. Descoperirea îi aparține lui P. Nowell, care în 1958 a constatat că *fitohemaglutinina* are proprietatea de a provoca aglutinarea eritrocitelor, acumularea leucocitelor și antrenarea lor în diviziune.

Cromozomii omului. În anul 1891 D. Hannesmann face cunoscute cercetări în care a observat 18 și apoi 24 de cromozomi. Aceste rezultate eronate se datorau absenței unei metode de colorare corespunzătoare.

Îmbunătățind tehnica de lucru, H. Winiwarter, în anul 1912, ajunge la concluzia că numărul de cromozomi este de 48 la femei și de 47 la bărbați, subliniind că femeile poartă doi cromozomi *X*, iar bărbații numai unul.

În anul 1921 T. Painter descoperă cromozomul *Y*, de talie foarte mică, iar în 1923 publică o lucrare în care face cunoscut numărul de 48 de cromozomi, din care 46 cromozomi autozomi și în plus cromozomii sexului *XX* la femei și *XY* la bărbați. Numărul de 48 de cromozomi este acceptat pînă în anul 1956, cînd citologii J. Tjio și A. Levan stabilesc numărul exact de 46, din care 22 perechi de autozomi și o pereche compusă din cromozomii sexului *XX* pentru sexul feminin și *XY* pentru cel masculin.

O nouă perfecționare în tehnica de cercetare a cromozomilor a fost adusă de doi suedezi, T. Caspersson și Laure Zech (1974), care au elaborat metoda de bandare care permite identificarea corectă a perechilor de cromozomi omologi și chiar restructurările cromozomice. Folosind această metodă Jean de Grochy (1974) a stabilit drumul evolutiv al cariotipului uman, care are multe asemănări cu cariotipul primatelor, dovedindu-se astfel originea lor comună.

Cariotipul uman. Prin cariotip uman se înțelege dispunerea cromozomilor într-un sistem standard în ordinea mărimii descrescînde, perechea I avînd dimensiunile cele mai mari, iar perechea a XXII-a dimensiunile cele mai mici. Cromozomii sexului se notează în continuare cu *X* și *Y*. Stabilirea cariotipului uman a constituit obiectul mai multor reuniuni internaționale — Denver (S.U.A.), 1960, Chicago (S.U.A.), 1966 și altele — unde au fost stabilite șapte grupe de cromozomi:

A) Grupa 1—3. Cromozomii cu dimensiunile cele mai mari, cu centromere aproape mediane și brațele izobrachiale;

B) Grupa 4—5. Cuprinde cromozomi mari heterobrachiali, cu centromerii amplasați spre una din extremități, submedian sau distal (fig. 119 și 120).

C) Grupa 6—12. Se compune din cromozomi mijlocii, cu centromer submedian. Este o grupă de cromozomi importantă dar perechile se disting foarte greu între ele. În plus, cromozomul 6 poate fi ușor confundat cu cromozomul *X*, fiind foarte asemănători.

D) Grupa 13—15. Cuprinde cromozomi de talie mijlocie, cu centromerul amplasat terminal. Cromozomul 13 este purtătorul unui satelit proeminent pe brațul scurt, iar cromozomii *14* și *15* au sateliți mici.

Scanned with OKEN Scanner

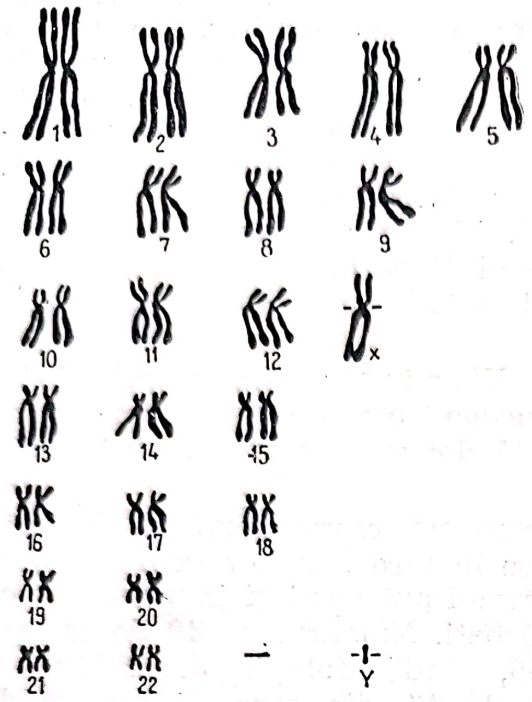


Fig. 119. Cariotipul masculin uman (după R. Turpin şi J. Lejeune, 1965):
1—22 — cromozomi (autosomi);
Y — cromozom sexual.

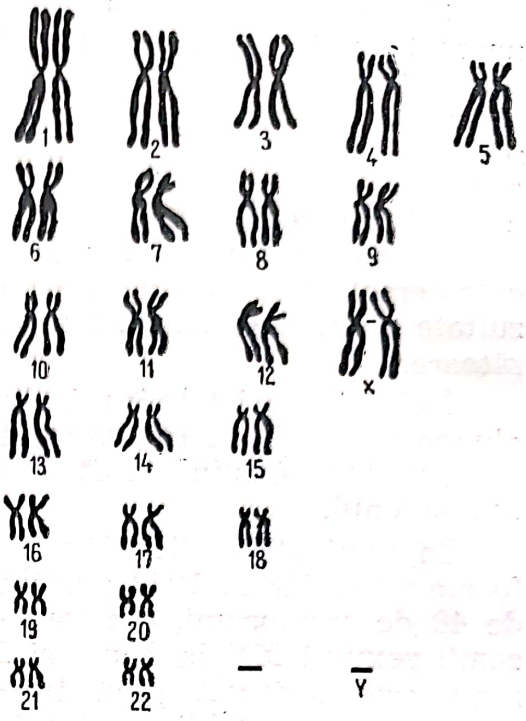


Fig. 120. Cariotipul feminin uman (după R. Turpin şi J. Lejeune, 1965):
1—22 — cromozomi (autosomi);
X — cromozom sexual.

E) Grupa 16—18. Cromozomi de talie mică; cromozomul 16 are centromerul aproape median, iar 17 şi 18 submedian.

F) Grupa 19—20. Se compune din cromozomi cu centromerul aproape metacentric.

G) Grupa 21—22. Cuprinde cromozomi foarte mici, cu centromer terminal (cromozomi acrocentrici). Cromozomul 21 şi 22 au sateliţi pe braţul scurt. Cromozomul *Y* se aseamănă cu cromozomul 21.

Dimensiunile cromozomilor în metafaza mitotică oscilează de la 10—12 microni, pentru cei din grupa A, pînă la 1,5 microni, pentru cei din grupa G. Cromozomul *X* este de 4—5 microni, iar cromozomul *Y* de 1,5 microni.

22.2. Ereditatea caracterelor normale, grupele sanguine

Caracterele şi însuşirile omului (talia, greutatea, forma corpului, forma feţei, a capului, particularităţile de inteligenţă şi altele) au un caracter ereditar complex, fiind determinate de mai multe gene.

Natura şi mecanismul transmiterii caracterelor la om se stabileşte prin intermediul studiilor genealogice şi al *gemenilor monozigoţi.* După modul în care se formează, gemenii sînt de două feluri: *monozigoţi,* rezultaţi prin diviziunea unui singur ovul, imediat după fecundaţie şi *dizigoţi,* care provin din fecundaţia simultană a două ovule de către doi spermatozoizi (fig. 121). Gemenii dizigoţi, provenind din ovule şi sperma-

Scanned with OKEN Scanner

tozoizi diferiţi, pot fi de acelaşi sex sau de sexe diferite. Asemănarea dintre gemenii dizigoţi este cea caracteristică fraţilor din aceeaşi familie, dar din naşteri diferite.

Gemenii tripli, quadrupli etc., pot să provină dintr-un singur ovul sau din mai multe. Gemenii tripli pot fi monozigoţi, dizigoţi şi trizigoţi; monozigoţii provin din fecundaţia ovulului urmată de segmentarea zigotului la prima diviziune, după care unul din ei se divide din nou, rezultînd trei gemeni monozigoţi; dizigoţii provin din două ovule fecundate, din care una se segmentează dînd în final doi gemeni identici şi unul diferit; trizigoţii rezultă din fecundarea a trei ovule separate.

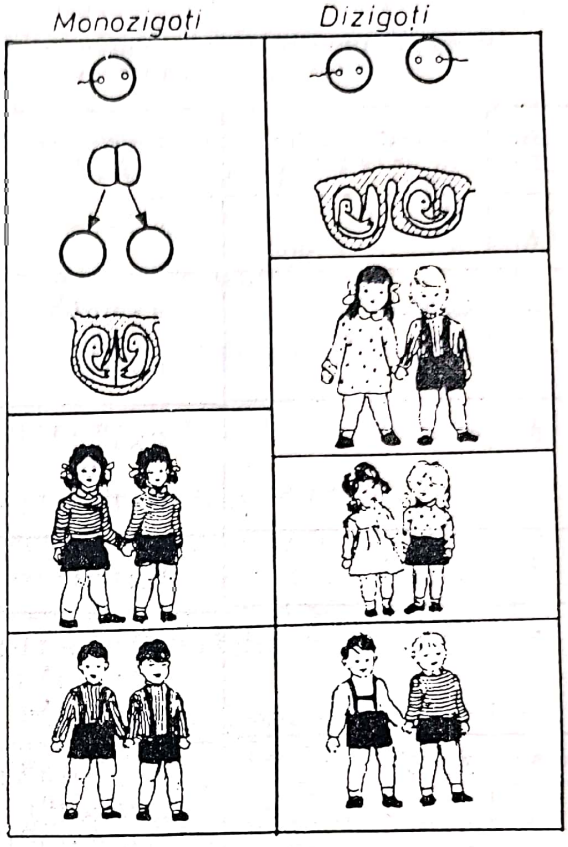


Fig. 121. Mecanismul formării gemenilor monozigoţi şi dizigoţi (după P. Paicu).

Gemenii sînt un fenomen destul de obişnuit în natură. Statisticile indică o frecvenţă de 2% de sarcini duble, sarcinile cu trei, patru sau cinci fiind mult mai rare. Frecvenţa sarcinilor gemelare este diferită de la o populaţie la alta. Astfel, în rîndurile populaţiei albe din S.U.A. incidenţa este de 1%, în rîndul populaţiei de culoare de 1,32%, iar în Nigeria ajunge la 4,5%. În majoritatea cazurilor, gemenii monozigoţi constituie un sfert din total. Excepţii evidente se constată în Japonia unde, din totalul gemenilor, monozigoţilor le revin 75%, iar în Nigeria 92% (C. Maximilian, 1972).

Gemenii monozigoţi au acelaşi genotip şi sînt întotdeauna identici atît ca sex cît şi ca însuşiri şi aptitudini sau deficienţe. Maladiile ereditare sînt prezente la ambii monozigoţi, ei au aproape aceeaşi înălţime şi în multe cazuri aceeaşi longevitate; sînt înregistrate chiar cazuri cînd doi fraţi gemeni monozigoţi au murit în aceeaşi zi la vîrsta de 86 de ani.

Natura monogenică sau poligenică a însuşirilor se poate evidenţia şi prin studiul descendenţilor proveniţi din familii la care căsătoriile au un grad mare de înrudire.

S-a stabilit numărul de gene care condiţionează diferite însuşiri. Pigmentaţia pielii, de exemplu, este condiţionată de cel puţin opt perechi de gene, inteligenţa şi înălţimea de cel puţin două perechi etc. Modificarea mai multor gene în direcţii diferite a dus la apariţia raselor umane al căror concept trebuie privit numai prin prisma geneticii umane. Deosebirile genetice dintre indivizii raselor sînt de multe ori mai puţin importante decît cele dintre unii indivizi ai aceleiaşi rase.

Scanned with OKEN Scanner

Tabelul 24

Posibilitățile grupelor sanguine la copii în funcție de genotipul homozigot sau heterozigot al părinților

Nr. crt.	Grupele sanguine la părinți	Genotipul posibil la părinți	Posibilitățile grupelor sanguine la copii	Imposibilități
1	O×O	ii × ii	O	A; B; AB
2	O×A	ii × I^A I^A sau ii × I^A i	O; A	B; AB
3	O×B	ii × I^B I^B sau ii × I^B i	O; B	A; AB
4	O×AB	ii × I^A I^B	A; B	O; AB
5	A×A	I^A I^A × I^A I^A I^A i × I^A I^A I^A i × I^A i	O; A	B; AB
6	A×B	I^A I^A × I^B I^B I^A i × I^B i I^A I^A × I^B i I^A i × I^B I^B	O, A, B, AB	—
7	A×AB	I^A I^A × I^B I^B I^A i × I^A I^B	A, B, AB	O
8	B×B	I^B I^B × I^B I^B I^B i × I^B I^B I^B i × I^B i	O, B	A; AB
9	B×AB	I^B I^B × I^A I^B I^B i × I^A I^B	A, B, AB	O
10	AB×AB	I^A I^B × I^A I^B	A, B, AB	O

Grupele sanguine constituie unul dintre exemplele de însușiri normale condiționate monogenic. Practica transfuziilor de sînge a scos la iveală că oamenii au patru grupe sanguine diferite (0, A, B și AB). Se cunosc peste 15 sisteme de clasificare a sîngelui, dar cel mai important este sistemul AB0 stabilit în anul 1901 de către K. Landsteiner.

Denumirea grupei de sînge reflectă prezența în globulele roșii a unor substanțe denumite antigeni A și B (hematologii denumesc antigenul aglutinogen). Grupa 0 nu conține antigen, grupa A conține antigenul A, grupa B — antigenul B, iar grupa AB conține antigeni A și antigeni B.

Scanned with OKEN Scanner

În serul sîngelui se găsesc şi două tipuri de anticorpi: grupa A conţine anticorpi B, grupa B anticorpi A, grupa AB este lipsită de anticorpi, iar grupa 0 conţine ambele tipuri de anticorpi. Transfuziile de sînge se pot efectua numai evitînd întîlnirea şi deci reacţia dintre antigeni şi anticorpi de acelaşi fel. Rezultă că se pot face transfuzii în cadrul aceleiaşi grupe, apoi grupa AB poate primi sînge de la toate grupele sanguine, grupa A de la A şi 0, grupa B de la B şi 0, iar grupa 0 numai de la aceeaşi grupă sanguină.

Grupele sanguine constituie un exemplu de alelism multiplu fiind condiţionate monogenic de trei gene alele, notate prin I^A, I^B şi i astfel:

— grupa 0 este condiţionată de genele ii în stare homozigotă;

— grupa A este condiţionată de genele dominante $I^A I^A$ în stare homozigotă sau heterozigotă $I^A i$.

— grupei B îi corespunde genotipul homozigot $I^B I^B$ sau genotipul heterozigot $I^B i$.

— grupei AB îi corespunde genotipul heterozigot $I^A I^B$.

Au fost stabilite, de asemenea, şi subgrupe sanguine în cadrul grupelor A şi B. Datele statistice arată că frecvenţa cea mai mare în populaţii revine grupei 0 şi A, urmînd în ordine descrescîndă B şi AB. Există şi constatări că receptivitatea faţă de unele îmbolnăviri ar fi influenţată de grupa sanguină.

Uneori medicina este pusă în situaţia de a da răspuns la o problemă foarte complexă — *paternitatea*. De un real ajutor sînt în aceste situaţii însuşirile dominante prezente atît la tatăl prezumtiv cît şi la copil, dar lipsesc la mamă. Analiza grupei sanguine, aşa cum reiese din tabelul 24, nu este suficientă pentru confirmarea paternităţii, dar este suficientă pentru a o exclude.

22.3. **Maladii ereditare**

Creşterea continuă a nivelului de trai, igiena din ce în ce mai bună, practica vaccinărilor preventive, folosirea antibioticelor şi altele au redus şi vor reduce în continuare pericolul maladiilor infecţioase. Putem spune că omul se află în pragul victoriei decisive asupra acestui vechi duşman.

Succesele spectaculoase ale medicinii în colaborare cu creşterea nivelului de trai au făcut ca durata medie a vieţii să crească în prezent la 65 de ani, faţă de 21 ani cît era în secolul al XVIII-lea şi 34 de ani în secolul al XIX-lea. Ştiinţa îşi îndreaptă acum atenţia din ce în ce mai mult spre maladiile ereditare, care pun probleme din cele mai serioase. Anomaliile transmisibile ale scheletului, ale inimii, rinichilor şi căilor urinare, ale globulelor roşii şi ale sistemului nervos, precum şi maladiile de metabolism sînt destul de grave şi frecvente.

Organismul se dezvoltă armonios numai cînd în toate celulele, aproximativ 10 000 de miliarde, sînt prezenţi şi intacţi toţi cei 46 de cromozomi caracteristici omului. Absenţa sau prezenţa în plus a unui cromozom sau a unor fragmente de cromozomi, precum şi restructurările cromozomilor provoacă un dezechilibru cu consecinţe foarte grave asupra dezvoltării organismului.

Scanned with OKEN Scanner

În afara dezechilibrului numeric și a restructurărilor cromozomice, un număr foarte mare de maladii ereditare este condiționat de mutații recesive sau dominante. Pînă în prezent se cunosc aproape 2 000 de maladii ereditare, dintre care mai mult de 200 sînt grave și relativ frecvente. Maladiile ereditare pot fi deci cromozomice și genice.

Maladii cromozomice. Multe și destul de frecvente maladii ereditare sînt condiționate de aberații numerice, autozomice sau gonozomice.

Aberații numerice autozomice. Cele mai frecvente sînt cazurile de cromozomi supranumerari, deoarece absența unui autozom pune în pericol viața zigotului, încă din primele faze de dezvoltare intrauterină.

Trisomia cromozomului 21, adică prezența în celulele somatice a trei cromozomi 21 în loc de doi, antrenează malformații grave și multiple. Indivizii afectați au o figură caracteristică, talie mică, ochi cu trăsături specifice, malformații cardiace, fertilitate scăzută și în special înapoiere mintală pronunțată. Deși copiii cu trisomie 21 pot fi recunoscuți după aspectul exterior, diagnosticul sigur rămîne cel citogenetic, prin care se stabilește cromozomul 21 supranumerar. Frecvența maladiei este între 1/600 și 1/700, întîlnindu-se mai frecvent la copiii născuți de femei în vîrstă. G. E. Shuttelworth (1895) a constatat că jumătate din cazurile de trisomie, studiate de el, aparțineau ultimilor copii din familii numeroase. El ajunge la concluzia că trisomia 21 este „rezultatul" unor produși ce se acumulează în corpul femeilor în vîrstă, produși care inhibă separarea cromozomilor spre cei doi poli. C. Carter și colaboratorii (1961). P. L. Penroso (1961) și C. E. Benda (1960) au ajuns la concluzia că riscul de a forma gameți cu perechea de cromozomi 21 neredusă este de 1/2 000 pentru femeile sub 30 de ani, 4/1 000, pentru cele trecute de 35 ani și de 2% pentru cele mai în vîrstă de peste 45 ani.

Mecanismul genetic al trisomiei 21 este nondisjuncția cromozomilor din perechea 21, care, de regulă, are loc numai la femei în timpul diviziunii reducționale. Se formează, astfel, gameți cu 24 și gameți cu 22 de cromozomi. Din fecundația acestor gameți cu gameți normali rezultă zigoți trisomici ($2n=47$) și zigoți monosomici ($2n=45$).

Riscul reapariției la urmași, în cazul cînd uneori femeile trisomice 21 rămîn gravide, este de 50% întrucît jumătate din gameți sînt normali cu 23 cromozomi, iar jumătate anormali cu 24 de cromozomi.

Trisomia este cunoscută sub denumirile de mongolism sau sindromul lui Down. Genetistul francez J. Lejeune consideră că trebuie renunțat la aceste denumiri, întrucît descrierea maladiei a fost făcută pentru prima dată de către F. Seguin în 1846 și nu de L. Down. Denumirea de „mongolism" este și mai necorespunzătoare, maladia întîlnindu-se la toate rasele. De aceea, termenii de mongolism și sindromul lui Down trebuie înlocuiți cu cel de *sindromul de trisomie 21* sau simplu *trisomie 21.*

Trisomia D sau 13—15 a fost descoperită în anul 1960, fiind condiționată de unul din cromozomii grupei D. Trisomia cromozomilor 13—15 se întîlnește la copiii născuți de mame sub 35 de ani.

Copiii trisomici, născuți cu un cromozom din grupa 13—15 în plus prezintă malformații multiple, dintre care cele ale membrelor, inimii și

Scanned with OKEN Scanner

feței sînt foarte grave. Copiii cu trisomie 13—15 mor în cursul primului an de viață.

Trisomia 18 este condiționată în prezența în plus a unui cromozom din perechea 18. A fost descrisă în anul 1960. Născuții cu trisomie 18 prezintă malformații foarte severe ale feței, membrelor, toracelui, precum și ale bazinului. Decesul intervine în primele săptămîni sau luni ale vieții.

Au mai fost descrise malformații provocate de trisomia cromozomilor 7, 8, 9, pierderea brațului scurt la cromozomii 4, 5 și 18 precum și de diferite translocații.

Aberații numerice gonozomice. Nondisjuncția cromozomilor $X\,X$ în diviziunea reducțională duce la formarea de gameți femeli cu $X\,X$ și gameți lipsiți de cromozomul X. Din fecundarea acestora cu spermatozoizi normali rezultă zigoți cu genotipul 44 autozomi $+X\,X\,X$; 44 autozomi $+X\,X\,Y$; 44 autozomi $+X$ și 44 autozomi $+Y$ (fig. 122). Fiecare din aceste aberații numerice provoacă un sindrom specific.

Sindromul Turner rezultă în urma fecundației între un gamet normal $23 + X$ și un gamet lipsit de cromozomul sexului. Dacă embrionul reușește să se dezvolte se naște o fetiță aparent „normală". Mai tîrziu se conturează malformațiile caracteristice: talie mică, gît palmat, malformații cardiace, renale și întotdeauna sterilitate.

Sindromul Klinefelter ($2n=44+X\,XY$) poate proveni atît din fecundația unui ovul XX cu un spermatozoid normal ($22\,Y$), cît și din fecundația unui ovul normal ($22\,X$) cu un spermatozoid ($22\,X\,Y$). Sindromul a fost descris de N. F. Klinefelter în anul 1942. Prezența unui singur cromozom Y asigură dezvoltarea masculină a embrionului. Indivizii $X\,X\,Y$ au deseori o talie mai mare decît cea normală, dezvoltarea anormală a gonadelor și în consecință sterilitate completă. Frecvența este de aproximativ 1 la 400 băieți nou-născuți.

Un alt caz condiționat de aberația numerică a cromozomilor sexului datorită nondisjuncției cromozomilor $X\,X$ este tipul $X\,X\,X$. Purtătoarele au fost numite incorect „superfemele", deși frecvent sînt nor-

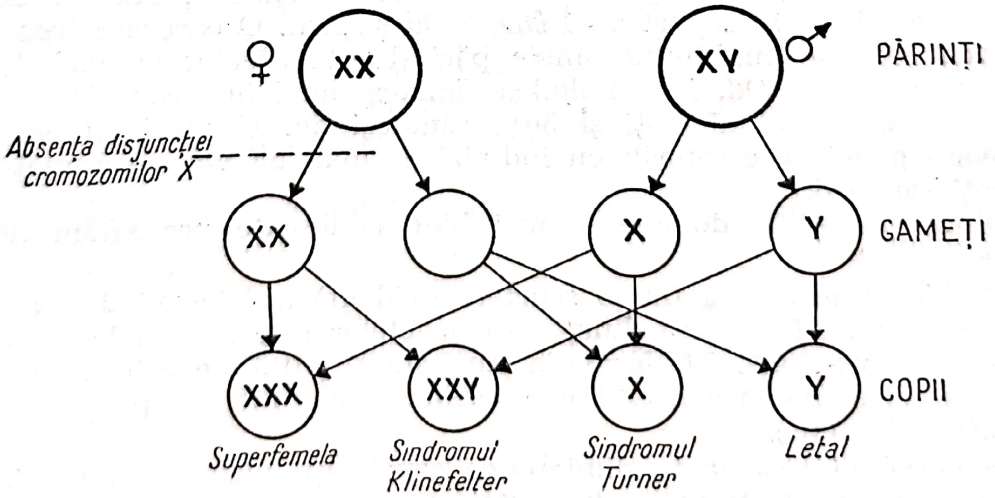


Fig. 122. Mecanismul nondisjuncției cromozomilor $X\,X$ (după M. Lamy, 1965).

male sau cu unele tulburări psihice și apariția precoce a menopauzei.

Nondisjuncția cromozomilor $X\,X$ poate duce și la formarea de gameți femeli lipsiți de cromozomul X, din fecundația cărora ar rezulta indivizi $O\,Y$ cu $2n=45$ de cromozomi. Întrucît anomalii de acest fel nu au fost descrise, se presupune că zigoții $O\,Y$ sînt letali. Au mai fost descrise și alte cazuri de aberații numerice pentru cromozomii X și Y.

Cromozomul Y supranumerar ($X\,Y\,Y$) are, conform cercetărilor din ultimii ani, o frecvență de 1/560 la copii și aproximativ aceeași la adulți, deoarece prezența lui este compatibilă cu viața. Embrionii $44 + X\,Y\,Y$ se formează în urma fecundației unui ovul normal $22 + X$ cu un spermatozoid $22 + Y\,Y$. Spermatozoidul $22 + Y\,Y$ provine în urma nondisjuncției cromozomilor $Y\,Y$ în cea de-a doua diviziune meiotică (de tip mitotic).

Adulții purtători ai cromozomului Y supranumerar au talie înaltă, de 180 cm, uneori chiar mai mult. O serie de genetiști atribuie purtătorilor de Y supranumerar un comportament dispus spre agresivitate, dar datele existente nu sînt destul de convingătoare. În plus, mulți dintre purtătorii cromozomului Y supranumerar niciodată nu au manifestat semne de agresivitate, achitîndu-se corect de sarcinile ce le revin la locul de muncă și în societate.

Maladiile genice. În comparație cu maladiile cromozomice, cele genice sînt mai puțin grave, dar mai frecvente. Maladiile genice sînt ușor de studiat, marea lor majoritate fiind condiționate de o singură genă, caracter monofactorial, transmiterea respectînd principiul monohibridării mendeliene.

Maladiile genice sînt condiționate atît de gene localizate în cromozomii autozomi cît și în cromozomii sexului, putînd fi dominante și recesive.

Maladii autozomice dominante. Mecanismul de transmitere a maladiilor și malformațiilor este următorul: în cazul cînd în mariaj intervin persoane homozigote *DD*, ceea ce practic nu se întîmplă, toți urmașii vor fi identici cu părinții *DD*. Starea heterozigotă a ambilor părinți $Dd \times Dd$, ceea ce se poate întîmpla dar foarte rar, duce la apariția de descendenți în raport de 1 *DD*; 2 *Dd* și 1 *dd*. O oarecare frecvență pot avea cazurile cînd unul dintre părinți este afectat de maladie în stare heterozigotă, *Dd*, iar al doilea sănătos *dd*. Din căsătorie pot rezulta 50% copii *Dd* afectați și 50% sănătoși *dd*. Urmașii *dd* eliberați de povara genei *D*, căsătoriți cu indivizi normali *dd* vor da numai descendenți sănătoși.

Dintre maladiile dominante mai bine cunoscute prezentăm următoarele:

Brahidactilia constă într-o scurtare evidentă a falangei 2 sau chiar fuzionarea ei cu falanga 3. Lungimea degetelor este redusă la jumătate față de cea normală. Malformația nu este însoțită de alte consecințe deosebite, dificultatea constînd în exersarea unor meserii (tricotaj, dactilografie, pian etc.).

Hemeralopia constă în diminuarea capacității vizuale, în special în timpul nopții, boala fiind condiționată, de asemenea, de o mutație dominantă. Examenul oftalmologic nu poate constata nici o deficiență de structură a ochiului.

Scanned with OKEN Scanner

Prognatismul este mărirea anormală a nasului, a buzei inferioare și aplatizarea transversală a craniului.

Acondroplazia este o malformație care constă în tulburări de creștere a oaselor lungi și în osificare anormală. Indivizii au talie mică, membrele superioare și inferioare scurte, cap normal dar disproporționat față de corp.

Ectrodactilia este o gravă monstruozitate ereditară, care constă în absența parțială sau totală a degetelor de la mîini sau picioare.

Sindactilia este alipirea a două sau mai multe degete.

Polidactilia constă în apariția de degete sau concrescențe supranumerare la ambele perechi de membre sau numai la o mînă sau picior, celălalt rămînînd normal.

Malformații dentare se manifestă prin absența incisivilor laterali superiori, și este determinată de gene dominante a cărei frecvență este de 6%.

Dintre maladiile condiționate dominant mai pot fi enumerate *ictioza* (erupții ale pielii, asemănătoare cu cele provocate de intoxicații grave), *cataracta* (opacifierea retinei și a cristalinului), *malformații ale cutiei craniene*, anumite tipuri de surditate și altele. Cataracta poate fi condiționată și de gene recesive.

Existența genei dominante în patrimoniul ereditar al individului poate fi urmărită de-a lungul generațiilor la ascendenți și descendenți, după prezența caracterului pe care îl determină.

Tulburări și malformații recesive autozomice. Din această categorie fac parte numeroase maladii ereditare. Maladia este condiționată numai de starea homozigotă a genelor modificate, purtătorii putînd fi depistați uneori prin examen medical sau biologic.

Mecanismul genetic al maladiilor recesive poate fi urmărit în cazurile a trei categorii de căsătorii: între doi homozigoți recesivi $dd \times dd$, rezultînd 100% copii afectați de maladie; între un homozigot recesiv *dd* și un heterozigot normal purtător *dD*, rezultînd 50% homozigoți *dd* afectați și 50% heterozigoți *dD* normali, dar purtători și între doi heterozigoți $dD \times dD$, rezultînd 25% homozigoți dominanți *DD* eliberați de gena recesivă, 50% heterozigoți *dD* și 25% homozigoți recesivi *dd* afectați de maladie. Frecvența maladiilor recesive este mai mare în cazurile populațiilor izolate, unde căsătoriile au un grad ridicat de consangvinitate.

În grupa maladiilor autozomice recesive intră cele mai multe erori de metabolism: albinism, diabetul, fenilketonuria, precum și unele forme de surditate.

Albinismul este o maladie recesivă autozomică bine studiată, condiționată de starea homozigotă a genei *c*. Datorită absenței unei enzime se blochează sinteza pigmentului melanic, în consecință pielea, părul și ochii rămînînd nepigmentați.

Alcaptonuria este condiționată de gene recesive care blochează degradarea metabolică a fenilalaninei și a tirozinei, ceea ce face ca urina bolnavilor să se coloreze în negru.

Fenilketonuria condiționează acumularea în organism a acidului fenilpiruvic, cu efect toxic asupra sistemului nervos.

Scanned with OKEN Scanner

Glicogenoza constă în acumularea exagerată a glicogenului în ficat și rinichi.

Hemoglobinopatiile constituie un important grup de tulburări ereditare, descrise în anul 1958 de către V. Ingram și colaboratori.

Tipul normal de hemoglobină (*Hb A*) are molecula formată din două lanțuri polipeptidice α și două β. Sinteza lanțurilor polipeptidice α și β este controlată de două gene diferite, astfel că mutațiile afectează lanțurile α sau β și extrem de rar ambele.

Datorită mutațiilor intervenite la nivelul tripletelor de baze azotate au apărut hemoglobine anormale, dintre care au fost studiate hemoglobinele S (Hg *S*), hemoglobina C (Hg *C*), hemoglobina de San José (Hg *G*) și altele.

Mutațiile constau în înlocuirea unui singur aminoacid din lanțul polipeptidic β astfel: hemoglobina S conține în poziția 6 aminoacidul *valină*, hemoglobina C conține în aceeași poziție aminoacidul *lizină*, iar hemoglobina G conține în poziția 7 aminoacidul *glicină*. Hemoglobina normală conține în pozițiile 6 și 7 aminoacidul acid glutamic.

Mutația S în stare homozigotă condiționează formarea de globule roșii în formă de seceră sau corn. Maladia este foarte gravă și se numește *drepanocitoză*. Indivizii afectați mor în copilărie, hemoglobina S fiind neoxigenată este puțin solubilă în soluții alcaline și precipită în hematii. În stare heterozigotă există atît hemoglobină A cît și hemoglobină S, în populațiile Africii orientale, Greciei și Indiei întîlnindu-se pînă la 40% heterozigoți. În sîngele heterozigoților se observă o cantitate mai mare de globule roșii normale și mai mică de globule în formă de seceră (fig. 123).

Hemoglobina normală A poate fi ușor separată de hemoglobina S prin electroforeză datorită sarcinilor lor electrice diferite, acidul glutamic avînd sarcină negativă, iar valina neutră.

Cercetările efectuate la nivel molecular au stabilit că acidul glutamic este codificat de tripleta UAG. Mutația pentru hemoglobina S constă în modificarea unei singure baze, tripleta devenind UUG, care condiționează inserarea aminoacidului valină. Au fost stabilite și modificările care au dus la apariția celorlalte tipuri de hemoglobină anormală.

O hemoglobină mutantă care atrage atenția este hemoglobina A_2. S-a constatat că un om care ar avea numai hemoglobină A_2 ar putea trăi într-o atmosferă de oxigen mult mai săracă decît cea actuală.

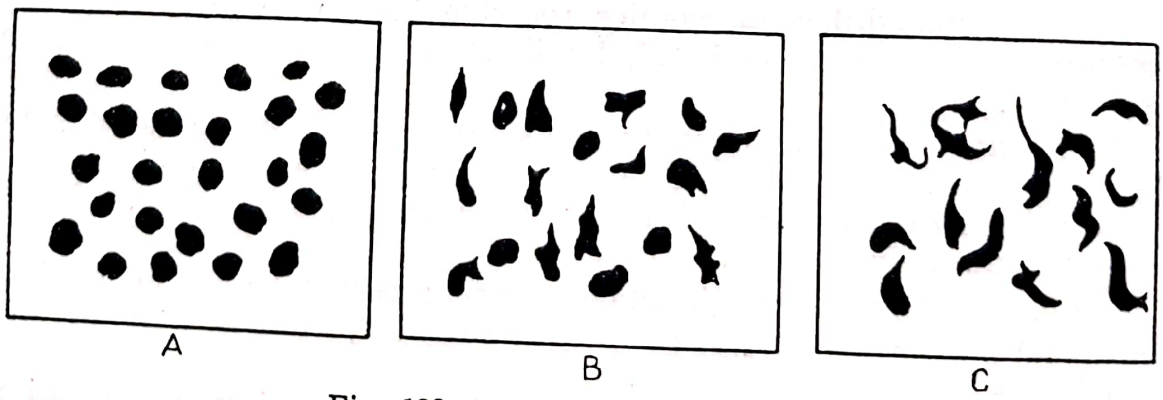


Fig. 123. Mutațiile hemoglobinei:
A — normală; *B* și *C* — mutante care condiționează formarea de globule roșii anormale (după I. Herskowitz, 1965).

Scanned with OKEN Scanner

Maladiile ereditare metabolice se pun în evidenţă prin metode din ce în ce mai precise. Se apreciază că în mai puţin de două decenii vor fi identificate cîteva mii de tulburări metabolice de natură ereditară şi se vor recomanda evident profilaxia şi tratamentul lor.

Sinteza artificială a genei realizată de G. Khorana (1970) constituie primul pas în realizarea unui astfel de tratament. De exemplu, este cunoscută maladia provocată de absenţa enzimei *arginază,* care duce la acumularea de arginină şi în consecinţă la crize de epilepsie şi întîrziere mintală. Recent la laboratorul naţional din Oak Ridge (S.U.A.) s-a reuşit ca prin injectarea virusului Shope, inofensiv, să se transfere omului gena implicată în sinteza enzimei arginază. În anul 1971 C. R. Merril şi colaboratorii au reuşit să transfere într-o cultură de celule umane, afectate de *galactozemie* (incapacitatea de a metaboliza galactoza), genele implicate în sinteza enzimei care metabolizează galactoza. Transferul s-a realizat prin intermediul unui virus.

Maladii ereditare legate de sex. Prin gene localizate în cromozomii sexului se transmite un număr relativ mic de maladii condiţionate de gene dominante sau recesive. Dintre maladiile ereditare dominante legate de sex se cunoaşte maladia denumită *keratoză foliculară,* care provoacă pierderea părului şi a bărbii. Gena este localizată pe cromozomul *X*.

Maladiile condiţionate de *gene recesive* localizate în cromozomii *X* sînt mult mai numeroase putînd fi amintite: hemofilia, daltonismul şi altele.

Hemofilia este un exemplu clasic de ereditate recesivă înlănţuită cu cromozomul sexului *X*. Hemofilia este o maladie de metabolism provocată de absenţa enzimei coagulante din sînge, ceea ce prelungeşte timpul de coagulare a sîngelui, uneori făcînd imposibilă oprirea hemoragiilor provocate chiar de traumatisme destul de uşoare.

Hemofilia se întîlneşte la bărbaţii care primesc cromozomul *X* cu genă hemofilică de la mama lor care aparent era sănătoasă. Teoretic, hemofilia ar fi posibilă şi la femei în stare homozigotă (*XX*). Întrucît pînă în prezent nu se cunosc femei hemofilice homozigote s-a ajuns la concluzia că starea homozigotă este letală. Au fost constatate cazuri rare de hemofilie la femei în stare heterozigotă. Femeile rămîn astfel purtătoarele şi transmiţătoarele genei recesive prin cromozomul *X*. În urma fecundării ovulului purtător de genă hemofilică cu un spermatozoid *Y* se formează un zigot *XY* care va da naştere unui băiat afectat de hemofilie. Din combinarea aceluiaşi ovul cu un spermatozoid *X* normal se naşte o fetiţă purtătoare-transmiţătoare, iar din fecundarea ovulului *X* hemofilic cu spermatozoidul *X* de la un bărbat hemofilic se formează un zigot letal (fig. 124).

Cazul cînd însuşirea condiţionată recesiv se transmite prin gena de pe un singur cromozom se numeşte *hemizigoţie* şi este caracteristic însuşirilor legate de sex la bărbaţi.

Daltonismul este incapacitatea de a percepe diferenţiat culorile, în special culoarea verde şi cea roşie. Denumirea vine de la fizicianul-chimist scoţian John Dalton (1766—1844), care suferind de această malformaţie a descris-o în detaliu.

Scanned with OKEN Scanner

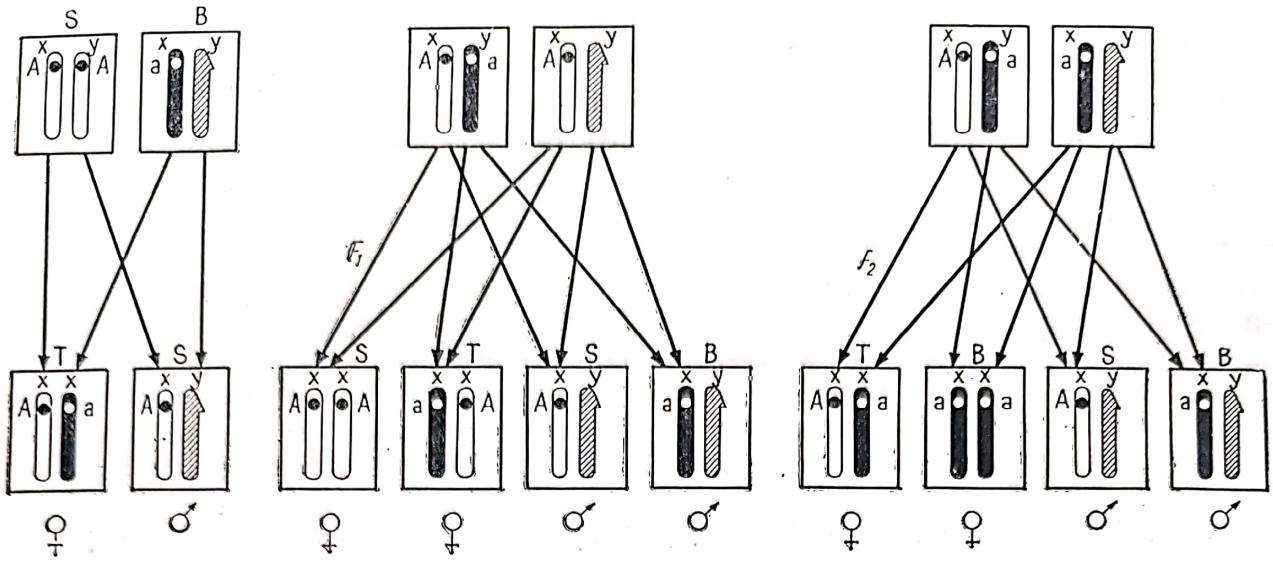


Fig. 124. Mecanismul transmiterii hemofiliei:
P — părinţi; *XY* — cromozomii sexului; *A* — genă sănătoasă; *a* — genă hemofilică; F_1 — descendenţa întîi; *B* — genotip afectat de hemofilie; *T* — genotip transmiţător de hemofilie; *S* — genotip sănătos.

S-a constatat că prin cromozomul *X* se transmit peste 50 de maladii ereditare.

A fost stabilită şi o maladie care se manifestă din tată în fiu numai la bărbaţi, fiind condiţionată de o genă localizată în cromozomul Y. Malformaţia se numeşte *hepertricoza urechilor* şi constă în apariţia unor peri lungi negri pe suprafaţa anterioară şi pe jumătatea posterioară a urechii. Maladia a fost descrisă în India de către R. R. Gates şi P. N. Bhaduri (1959). Moştenirea acestei maladii numai de la tată la fiu a fost denumită *ereditate holoandrică* de la grecescul *holos* = tot şi *andros* = bărbat.

22.4. Ereditatea omului şi mediul înconjurător

Cunoaşterea pericolului pe care îl prezintă poluarea mediului înconjurător pentru ereditatea omului este o necesitate stringentă a secolului nostru. Nu putem rămîne indiferenţi faţă de situaţia cînd pe glob trăiesc peste o sută de mii de indivizi cu sindromul trisomiei 21, tot atîtea femei sînt afectate de sindromul Turner, sute de mii de bărbaţi — de sindromul Klinefelter şi tot atîţia cu un cromozom *Y* supranumerar. Totalizînd toate anomaliile cromozomice constatăm că în fiecare an se nasc peste o sută de mii de copii cu defecţiuni cromozomice. La acestea trebuie adăugate şi maladiile condiţionate genic, care sînt mult mai numeroase şi încă multe tulburări de metabolism rămase deocamdată necunoscute.

Frecvenţa crescîndă a maladiilor ereditare, ca urmare a poluării mediului înconjurător, constituie un semnal de alarmă care impune cu acuitate găsirea căilor prin care să se evite alterarea patrimoniului ere-

Scanned with OKEN Scanner

ditar uman. S-a ajuns la concluzia că mulţi dintre factorii mediului înconjurător pot produce mutaţii dăunătoare.

În primul rînd organismul uman trebuie ferit de radiaţii ionizante, iar examenele radioscopice şi radiografice să fie reduse numai la ceea ce este absolut necesar. Iradierea se poate recomanda numai atunci cînd pericolul bolii ce urmează a fi diagnosticată este mai mare decît consecinţa genetică. Se recomandă evitarea iradierii persoanelor tinere, se interzice cu desăvîrşire iradierea femeilor gravide.

Ereditatea omului este afectată şi de diverse substanţe chimice. Multe dintre medicamentele pe care femeile gravide le pot folosi, din necunoaştere, în timpul sarcinii pot avea efect profund dăunător asupra embrionului în dezvoltare. Androgenii, estrogenii, insulina, cortizonul şi altele au efect malformativ asupra embrionului.

Pericolul cel mai mare pentru apariţia de mutaţii îl prezintă iradierile, fapt dovedit prin numeroase cercetări. Omenirea a înţeles pe deplin acest pericol genetic în urma exploziilor primelor bombe atomice în porturile japoneze Hiroshima şi Nagasaki la 6 şi 9 august 1945. În urma exploziei de la Hiroshima dozele de radiaţii au oscilat în funcţie de distanţă, astfel: 1 400 rad la o distanţă de epicentru de 1 km, 200 rad la 1,5 km, 30 rad la 2,0 km şi 2 rad la o distanţă de 10 km, în epicentru doza de iradiere fiind de 10 000 rad.

La persoanele care au supravieţuit, iradierea a provocat leucemie, cancer pulmonar, cancer tiroidian şi altele. Frecvenţa maximă de cazuri s-a înregistrat după 5 ani de la explozie. Dintre cele 30 de femei gravide aflate la Nagasaki la o distanţă mai mică de 2 000 m de epicentru, 50% au născut copii morţi, iar 25% au născut copii cu înapoiere mintală. Dintre cele 250 de femei gravide aflate la Hiroshima o mare parte au născut copii cu multiple defecţiuni.

În anul 1966 au fost studiaţi 94 de supravieţuitori ai bombardamentelor de la Hiroshima şi Nagasaki. Aceştia erau în 1945 mai tineri de 30 de ani şi se aflau în timpul bombardamentului la o distanţă mai mică de 1 400 m de epicentru, primind o doză de cel puţin 200 R. La 33 dintre persoanele cercetate au fost puse în evidenţă diferite aberaţii cromozomice, în timp ce la seria martor compusă tot din 94 de persoane aberaţiile au fost observate numai la o persoană.

În ultimii 25 de ani s-a constatat o creştere progresivă a iradierii populaţiei, datorită diferitelor experienţe nucleare şi progresului tehnic. O creştere mai alarmantă s-a sesizat în anii 1952—1955, ceea ce a determinat ca în cadrul O.N.U. să se înfiinţeze Comitetul ştiinţific pentru studiul efectului radiaţiilor ionizante.

Iradierea pe care o primeşte organismul uman provine din surse naturale şi artificiale. Contaminarea naturală se face prin atmosferă (1% din iradierea naturală totală), prin contact cu elementele radioactive din sol (45%), prin alimente şi apă (24%) şi altele.

Pe suprafaţa globului intensitatea iradierii depinde de altitudine şi latitudine. La 3 000 m înălţime intensitatea este de 3 ori mai mare decît la nivelul mării, iar la pol cu 20% mai mare decît la Ecuator.

În unele localităţi situate la altitudini mari din Ecuador, Columbia, Peru şi Tibet radiaţia cosmică oscilează între 150—330 mR pe an. Unele localităţi din statul indian Kerala au radiaţii naturale cuprinse între

Scanned with OKEN Scanner

131 și 2 814 mR pe an, în zone izolate radioactivitatea putînd fi și mai mare din cauza rocilor care conțin elemente radioactive.

Iradierea artificială este reprezentată de contaminarea profesională a persoanelor care lucrează în domeniul cercetărilor nucleare, radiologiei etc., iradiere medicală și accidentală.

Cunoscînd pericolul pe care îl prezintă radiațiile se impune necesitatea luării de măsuri eficace de protecție. Aceasta cu atît mai mult cu cît omul poate să intre într-o zonă radioactivă de mică intensitate fără a o putea sesiza prin intermediul organelor de simț.

Scanned with OKEN Scanner

PARTEA A TREIA

AMELIORAREA

CAPITOLUL 23

GENERALITĂȚI PRIVIND AMELIORAREA PLANTELOR ȘI ANIMALELOR

23.1. Definiția, obiectivele și importanța ameliorării

Definiție. Cuvîntul *ameliorare* provine din limba latină și înseamnă *îmbunătățire*. Această definiție a corespuns pentru primele etape ale ameliorării, cînd omul se rezuma la alegerea empirică și înmulțirea indivizilor care îi satisfăceau mai bine cerințele. Creșterea nivelului de trai și a cunoștințelor omului despre natură au condiționat trecerea la o nouă etapă — crearea de forme noi. Evoluția speciilor s-a împletit astfel cu munca omului, avînd ca rezultat rase de animale și soiuri de plante din ce în ce mai productive și de calitate superioară. Ameliorarea științifică este o ramură nouă care s-a dezvoltat cu prioritate după apariția operei lui D a r w i n, *Originea speciilor*.

Prin ameliorare se înțelege ramura aplicativă a geneticii care se ocupă cu crearea soiurilor de plante, a raselor de animale și îmbunătățirea celor existente. Ameliorarea creează pentru agricultură mijloace de producție sub formă de soiuri și rase, care contribuie la sporirea producției agricole.

Obiectivele ameliorării. Elaborarea celor mai eficace metode pentru crearea de soiuri și rase de animale productive de calitate superioară și cu o mare plasticitate ecologică constituie principalul obiectiv al ameliorării. Prin *plasticitate ecologică* se înțelege însușirea genetică a unui soi de plante sau rase de animale de a da rezultate bune într-o zonă cît mai extinsă. Ca exemplu în această privință, la plante, poate servi soiul de grîu Bezostaia-1, care în ultimii ani s-a cultivat cu rezultate bune în diferite țări pe o suprafață de peste 10 milioane ha.

După cel de-al doilea război mondial, un nou capitol al ameliorării îl constituie obținerea de hibrizi cu mare capacitate de producție atît la plante cît și la animale.

Obiectivele ameliorării sînt *generale*, comune tuturor culturilor de plante și speciilor de animale, și *specifice* caracteristice pentru anumite culturi și specii de animale.

Obiectivele generale la plante se referă la: capacitatea de producție, calitatea producției, rezistența la boli și la dăunători, rezistența la cădere, secetă și ger, adaptarea la condițiile de irigare, recoltarea mecanizată și capacitatea de a valorifica la maximum factorii favorabili de apă și îngrășăminte pe care îi oferă agricultura intensivă. Ameliorarea calității

Scanned with OKEN Scanner

constituie un obiectiv specific la plantele agricole, deoarece diferă de la o cultură la alta. Astfel, la grîu se urmăresc însușirile de morărit și de panificație, la floarea-soarelui conținutul în ulei, la sfecla de zahăr conținutul în zahăr și cantitatea redusă de substanțe azotoase etc.

La animale, obiectivele generale urmăresc productivitatea, calitatea producției, consumul redus de nutreturi pentru obținerea unei unități productive, adaptarea la condițiile de creștere intensivă și altele. Obiectivele specifice urmăresc diversificarea calitativă a producției pentru fiecare specie de animale. La bovine, de exemplu, se urmărește crearea de rase specializate pentru lapte sau carne, la oi se creează rase pentru diferite calități de lînă, rase pentru piei și blănițe etc. Dintre obiectivele specifice pentru unele specii de animale poate fi amintită și prolificitatea.

Importanța ameliorării. Progresul omenirii necesită ca agricultura să dispună în permanență de mijloace moderne de sporire a producției. Printre aceste mijloace un loc important îl ocupă soiurile, rasele și hibrizii, care constituie sursa cea mai ieftină și sigură pentru sporirea producției agricole.

Experiența unităților agricole fruntașe arată că în condiții asemănătoare de întreținere, climă și sol, rasele de animale, soiurile și hibrizii de plante dau producție cu 20—40% mai mari decît soiurile sau rasele obișnuite.

Necesitatea intensificării muncii de ameliorare a fost subliniată în mod permanent în documentele de partid și de stat. În Programul Partidului Comunist Român adoptat la cel de al XI-lea Congres se prevede: „Se vor lua măsurile corespunzătoare în vederea creării unor hibrizi de înaltă productivitate, urmărindu-se realizarea pînă în 1990 a cel puțin 1 000—1 200 kg cereale pe locuitor". Se prevede, de asemenea, creșterea efectivelor de animale și îmbunătățirea raselor.

Importanța ameliorării plantelor în sporirea producției la principalele culturi agricole din țara noastră este demonstrată în tabelul 25.

Tabelul 25

Creșterea producției medii la grîu și porumb (Q/ha) în țara noastră

Cultura	Anii							
	1938	1955	1960	1965	1970	1971	1972	1973
Grîu	13,3	10,2	12,2	19,9	14,5	22,4	23,8	23,1
Porumb	10,6	18,0	15,5	17,8	21,2	25,1	30,7	25,0

An de an a sporit numărul unităților agricole care au obținut producții mari la ha. La consfătuirea lucrătorilor din agricultură din martie 1974, tovarășul Nicolae Ceaușescu arăta că 33 de întreprinderi agricole de stat și 92 de cooperative agricole de producție au obținut în anul 1973 producții medii de grîu de peste 4 000 kg/ha, iar la porumb boabe 21 I.A.S. și 182 C.A.P. au obținut producții medii de peste 5 000 kg/ha.

Scanned with OKEN Scanner

Pîinea de cereale constituie în prezent alimentul principal al omului. Circa 55% din protide, 15% din lipide și 70% din glucide, în total 55% din caloriile consumate de întreaga lume, provin din cereale.

Intensificarea muncii de ameliorare este impusă în modul cel mai serios de creșterea populației globului. Dacă în urmă cu 2 000 de ani Terra era populată de circa 250 milioane locuitori, în 1650 populația se ridică la 500 milioane, în 1850 depășește 1 miliard, în 1950 atinge cifra de 2,5 miliarde, iar în anul 1974 circa 4 miliarde de locuitori. Dacă „explozia demografică" va continua în același ritm, pentru anul 2 000 se prevede o populație de 6,5 miliarde locuitori. O creștere ritmică a înregistrat și populația țării noastre, care la sfîrșitul anului 1974 număra 21,142 milioane locuitori, iar pentru anul 2 000 se estimează o cifră de circa 30 milioane locuitori.

Această creștere vertiginoasă a populației a determinat extinderea și intensificarea agriculturii. În sprijinul agriculturii au fost îndreptate cele mai moderne rezultate ale științei și tehnicii. Cu toate acestea problema alimentației rămîne încă nerezolvată. Aproape jumătate din populația globului suferă de subalimentație. Asigurarea a 2 750 calorii pentru fiecare locuitor necesită ca producția agricolă a anului 1985 să se dubleze, iar pînă în anul 2 000 să se tripleze.

Pentru mărirea producției au fost luate măsuri de dare în cultură a unor terenuri noi, perfecționarea și raționalizarea sistemelor de irigație, aplicarea de îngrășăminte și erbicide, combaterea dăunătorilor și crearea de noi soiuri de plante, rase de animale și hibrizi. În contextul acestor măsuri soiurile și hibrizii constituie sursa cea mai sigură și ieftină de sporire a producției agricole.

23.2. **Material inițial, soi, linie pură și hibrid**

Prin *material inițial* se înțelege colecția de plante sau reproducătorii animali de proveniențe diferite, cu care amelioratorul își începe activitatea în scopul obținerii de noi soiuri, rase și hibrizi. Materialul inițial se compune din soiuri și rase ameliorate, populații locale, hibrizi, plante semicultivate sau chiar din flora spontană, animale din specii diferite atît din țară cît aduse și din străinătate.

Succesul amelioratorului depinde în mare măsură de bogăția materialului inițial și de utilizarea rațională a acestuia.

Soiul este un grup de indivizi cu ereditate proprie, asemănători din punct de vedere morfologic, adaptați la anumite condiții de climă, sol și agrotehnică, care servesc drept mijloc de producție de bază în agricultură. La plantele autogame (grîu, orz, mazăre, fasole etc.) soiurile au un grad mai mare de homozigoție, iar la cele alogame (porumb, floarea-soarelui, secară etc.), sînt constituite dintr-un amestec de biotipuri mult asemănătoare între ele. Din punct de vedere economic, soiul și rasa reprezintă pentru agricultură un mijloc de producție de bază.

Linia pură reprezintă un grup de indivizi identici din punct de vedere ereditar și morfologic. Linia pură este rezultatul autofecundării unui organism homozigot, la plante sau al consangvinizării la animale.

Hibrid se numește generația provenită în urma încrucișării a două soiuri, rase sau linii pure. Hibridul, spre deosebire de părinți, este mai

Scanned with OKEN Scanner

viguros și mai productiv. Această deosebire este mai puternică numai în prima generație, iar la unii hibrizi în primele generații.

În ameliorare se întîlnește uneori și termenul de *populație* (v. cap. 21). Populația este compusă din mai multe biotipuri. Prin *biotip* (de la cuvîntul *bios* — viață și *typos* — model) se înțelege un grup de indivizi cu constituție ereditară identică. Prin autofecundare biotipul se transformă în linie pură.

CAPITOLUL 24

METODELE DE BAZĂ FOLOSITE ÎN AMELIORAREA PLANTELOR

24.1. Selecția

Importanța selecției pentru ameliorarea plantelor. Plantele cultivate provin din specii sălbatice pe care omul le-a luat în cultură. Îndeletnicirea de ameliorare a început odată cu folosirea în cultură a plantelor.

Vîrsta plantelor cultivate este diferită în funcție de perioada cînd acestea au fost introduse în cultură și treptat ameliorate. Cea mai veche plantă luată în cultură este grîul, iar printre cele relativ mai recente — cartoful, sfecla de zahăr etc.

Pentru a demonstra importanța selecției în ameliorarea plantelor se poate aduce ca exemplu sfecla de zahăr, care conținea în rădăcini numai 5—6% zahăr la sfîrșitul secolului XVIII, iar în urma selecției s-a ajuns în prezent să depășească 20—21%. Exemple asemănătoare se pot prezenta pentru toate speciile de plante întîlnite în cultură.

Cînd plantele au fost introduse în cultură, producțiile erau cu mult mai mici. Rezultatele obținute în decursul mileniilor au la bază trei factori principali: *variabilitatea,* care este o însușire caracteristică tuturor organismelor, *hibridarea* care a avut loc între diferite soiuri și *selecția.* Selecției i-a revenit rolul de a separa și înmulți indivizii cu însușiri mai deosebite.

Bazele științifice ale selecției au fost elaborate după apariția lucrărilor lui Ch. Darwin și ale lui Gr. Mendel, în special după anul 1900, cînd legile lui Mendel au putut fi înțelese și aplicate, în scopul creării de soiuri și hibrizi din ce în ce mai valoroși.

Selecția și înmulțirea celor mai corespunzătoare plante este cea mai veche metodă de ameliorare a plantelor. Pe măsura dezvoltării științelor biologice au fost elaborate noi metode de ameliorare, dintre care cele mai importante sînt: *selecția în urma hibridării sexuate, heterozisul, selecția prin consangvinizare, selecția mutațiilor, selecția poliploizilor și selecția hibrizilor îndepărtați.*

Cuvîntul *selecție* provine de la cuvîntul latinesc *selectio* care înseamnă alegere. Prin selecție, astăzi, se înțelege procesul natural sau artificial care favorizează supraviețuirea sau înmulțirea preferențială a anumitor

Scanned with OKEN Scanner

indivizi, mai bine adaptaţi, cu avantaje productive sau economice. Selecţia poate fi *naturală*, cînd alegerea indivizilor celor mai valoroşi se face în mod natural, prin acţiunea factorilor de mediu, fără intervenţia omului, şi *artificială*, care constă în alegerea de către om a celor mai corespunzători indivizi şi înmulţirea lor în continuare după un plan bine stabilit. Indivizii aleşi prin selecţie se numesc *plante-elită*. Alegerea plantelor-elită se face din soiuri şi populaţii locale, din hibrizii generaţiilor F_2 şi F_3, precum şi din soiuri ameliorate şi populaţii locale introduse din alte ţări şi cultivate în acest scop.

Condiţiile de agrotehnică trebuie să fie corespunzătoare unei agriculturi intensive. După modul în care se urmăresc plantele elită în descendenţă, selecţia artificială este de două feluri: *selecţia în masă* şi *selecţia individuală*.

Selecţia în masă. Fiind cea mai simplă şi cea mai rapidă, selecţia în masă a fost mult practicată în trecut. Numeroase soiuri de plante alogame (porumb, floarea-soarelui, secară) au fost create prin această metodă. În prezent, selecţia în masă se foloseşte numai pentru menţinerea în stare pură a soiurilor valoroase şi pentru obţinerea seminţei-elită. Cele mai importante variante ale acestei metode sînt *selecţia în masă cu o singură alegere* şi *selecţia în masă repetată*.

Selecţia în masă cu o singură alegere (simplă). Metoda se practică de regulă la plantele alogame, dar uneori şi la autogame. Se aplică atunci cînd materialul iniţial este uniform. Se reţin din lan plantele cu cele mai valoroase însuşiri. Acest lucru se realizează eliminînd indivizii necorespunzători — selecţie negativă sau alegînd pe cei viguroşi — selecţie pozitivă. Metoda de lucru este următoarea (fig. 125):

Anul 1. De pe parcelele cu material iniţial se aleg plantele care corespund scopului propus. Alegerea se face pe baza observaţiilor efectuate în timpul vegetaţiei asupra vigurozităţii, precocităţii, rezistenţei la factorii nefavorabili şi altele. Plantele corespunzătoare se marchează de fiecare dată cu fîşii de material plastic de diferite culori. O fîşie de o anumită culoare indică o însuşire favorabilă oarecare, cum este rezistenţa la ger, secetă, ritmul de creştere, capacitatea de producţie etc. La maturitate se reţin numai plantele care au întrunit nu număr mare de însuşiri valoroase, se analizează fiecare plantă, se execută o ultimă alegere după aspectul seminţelor şi producţiei plantei. Plantele considerate corespunzătoare din toate punctele de vedere se treieră împreună, iar

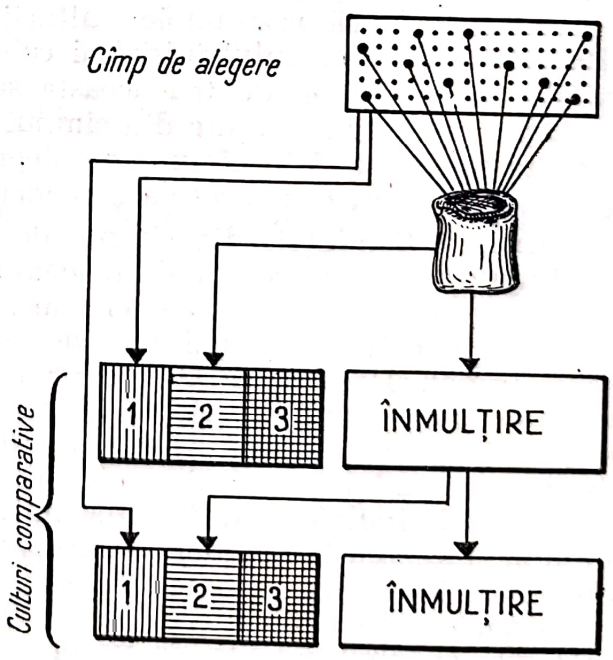


Fig. 125. Selecţia în masă (după N. Ceapoiu).

semințele se pun într-o pungă sau sac cu etichetă atît în interior cît și în exterior.

Anul 2. Semințele rezultate de la plantele analizate în laborator se divid în părți egale. O parte se seamănă în cîmpul de înmulțire, iar restul într-o cultură în care sămînța aleasă se compară cu soiul din care ea provine (numit *soi inițial*), precum și cu soiul cultivat care dă cele mai bune rezultate în zona respectivă. În această cultură comparativă se stabilește dacă noua populație, formată din plantele alese, este superioară față de forma inițială din punct de vedere al capacității de producție și a calității.

Anul 3. Dacă materialul rezultat este valoros se continuă înmulțirea și încercarea în *culturi comparative de concurs,* organizate în cadrul stațiunii care se ocupă de ameliorarea soiurilor respective. Se determină din nou producția și calitatea semințelor.

Anul 4. Se continuă înmulțirea și încercarea în culturi comparative de concurs, atît în stațiune cît și în rețeaua Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor. Examinarea materialului de către Comisia de stat are drept scop omologarea celor mai valoroase soiuri și hibrizi și stabilirea zonei de cultură.

Selecția în masă repetată. Metoda se aplică atunci cînd materialul inițial este neuniform, alegerea de plante-elită fiind posibilă timp de mai mulți ani (3—5), pînă cînd se realizează un material uniform, în cadrul căruia nu mai apar forme deosebite.

Anul 1. Se aleg plantele-elită care, după analiza de laborator, se treieră în amestec.

Anul 2. O parte din material se seamănă în *cultura comparativă de orientare,* alături de forma inițială și soiul cultivat în zona respectivă, iar la o altă parte se seamănă într-un nou *cîmp de alegere* unde se repetă extragerea de plante-elită.

Anul 3. Dacă rezultatele culturii comparative arată că materialul ales este superior soiului inițial și celui cultivat în zonă, atunci lucrările de selecție continuă. Pentru aceasta sămînța obținută în anul precedent de la plantele-elită reținute din cîmpul de alegere se împarte în trei părți: o parte se seamănă în cîmpul de alegere, alta în cîmpul de înmulțire și a treia în cultură comparativă de concurs.

Anul 4. Semințele din cîmpul de înmulțire se seamănă mai departe în cîmpul de înmulțire și cultură comparativă de concurs. Semințele provenite din cea de a treia alegere se înmulțesc separat, iar în paralel se studiază în cultură comparativă de concurs, alături de soiul cultivat și soiul inițial. Dacă rezultatele sînt corespunzătoare cerințelor, în anul următor se continuă înmulțirea separată a alegerilor 2 și 3 și totodată se începe încercarea în culturi comparative de concurs în rețeaua Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor (fig. 126).

Selecția individuală. Selecția individuală constă în alegerea de plante elită și studierea individuală a descendenților de la fiecare plantă aleasă. Se aplică îndeosebi în ameliorarea plantelor autogame. Scopul selecției individuale este evidențierea indivizilor cu cele mai valoroase însușiri ereditare și înmulțirea lor în vederea creării de soiuri mai productive și de calitate superioară. Selecția individuală pornește de la o plantă sau de la părți de plantă. Se deosebesc mai multe variante ale selecției indivi-

Scanned with OKEN Scanner

duale, ca: selecţia individuală cu o singură alegere (simplă), selecţia individuală repetată şi selecţia clonală, specifică plantelor cu înmulţire vegetativă.

Selecţia individuală cu o singură alegere (simplă). Se practică în ameliorarea plantelor autogame. Ca material iniţial se folosesc soiurile şi populaţiile locale, soiurile ameliorate indigene şi străine, precum şi hibrizii în generaţiile F_2—F_3. Selecţia individuală se desfăşoară după următoarea schemă (fig. 127):

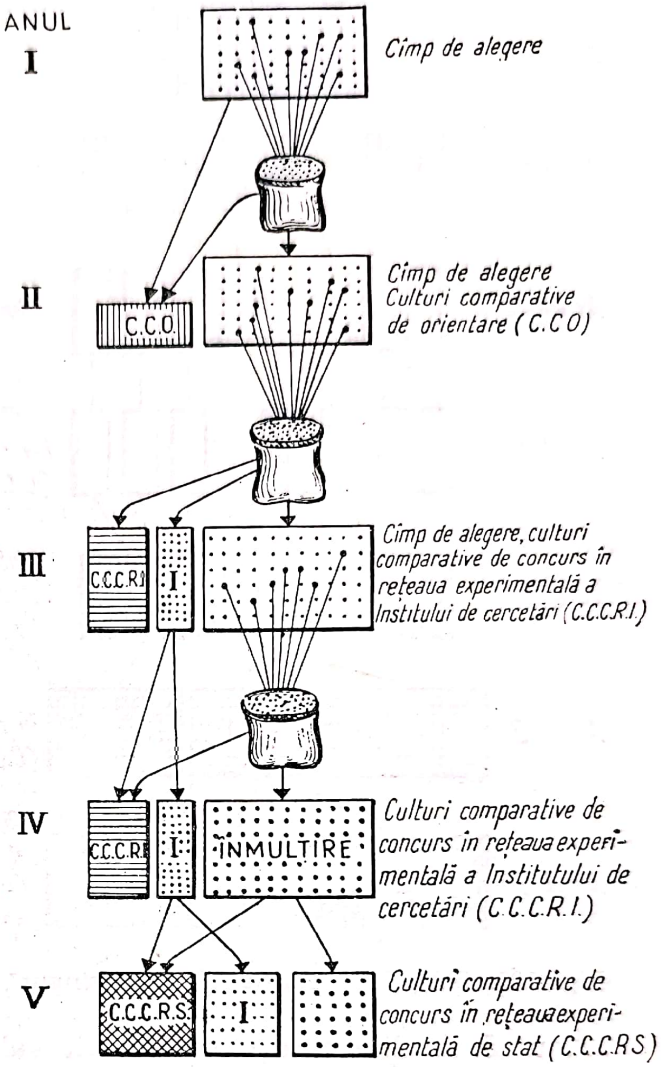


Fig. 126. Selecţia în masă repetată (după N. Ceapoiu).

Anul 1. Se aleg plantele elită în cîmp, corespunzător obiectivelor stabilite. Pentru fiecare plantă se fac observaţii separate şi se notează pe eticheta ataşată de ea datele privitoare la comportarea plantei în privinţa diferitelor însuşiri. În cazul cînd se marchează cu fîşii de diferite culori, atunci culoarea reprezintă un cod al amelioratorului. Aşa, de exemplu, culoarea galbenă poate însemna precocitate, cea verde capacitate de producţie, cea roşie rezistenţă la factorii nefavorabili etc. La maturitate, fiecare plantă-elită se recoltează separat, fiind însoţită de etichetele din cîmp.

Anul 2. Sămînţa rezultată de la fiecare plantă-elită se seamănă separat în cîmpul de selecţie. Descendenţa unei plante-elită rezultată în cîmpul de selecţie primeşte denumirea de *linie*. În cîmpul de selecţie, fiecare linie se compară cu soiul cultivat în zona respectivă. Pe baza rezultatelor de producţie şi a analizelor de calitate se aleg liniile cele mai bune, iar restul se elimină.

Anul 3. Liniile reţinute din anul precedent se seamănă în cîmpul de control, unde se compară mai departe cu soiul cultivat în zonă. În acest cîmp, liniile se seamănă într-o singură repetiţie, intercalîndu-se soiul martor după fiecare 10 linii.

Anul 4. Cele mai bune linii din cîmpul de control se examinează mai departe în culturi comparative de orientare.

Scanned with OKEN Scanner

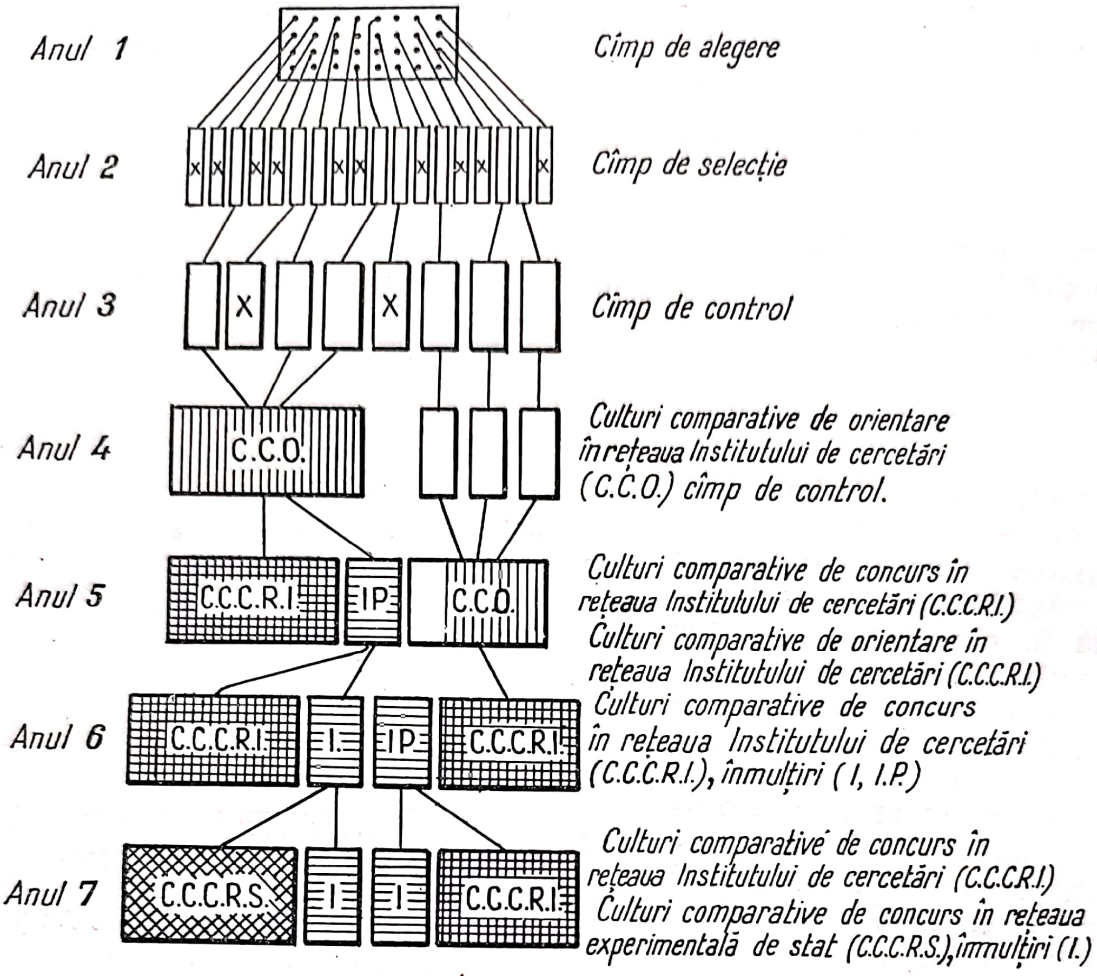


Fig. 127. Selecția individuală cu o singură alegere (după N. Ceapoiu).

Anul 5. Liniile care s-au dovedit valoroase în culturile comparative de orientare sînt experimentate în culturi comparative de concurs. Paralel se începe înmulțirea liniilor celor mai valoroase pe parcele speciale.

Anul 6. Se continuă experimentarea liniilor în culturi comparative de concurs. Continuă înmulțirea liniilor.

Anul 7. Liniile care s-au evidențiat în cei doi ani de experimentare în culturi comparative de concurs, întrecînd soiul cultivat în zona respectivă, se predau spre verificare Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor. Concomitent aceste linii se înmulțesc.

Anii 8 și 9. Se continuă experimentarea în cadrul Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor. După încheierea unui ciclu experimental de 3 ani, liniile cele mai bune primesc denumirea de *soi* și se stabilește aria lor de răspîndire în producție. Concomitent se înmulțesc pentru a putea fi satisfăcut necesarul de semințe, în cazul omologării.

Selecția individuală repetată. Selecția individuală repetată se mai numește și selecție genealogică sau pedigreu, deoarece descendențele se urmăresc individual, pe plante și familii. Se folosește cu precădere la plantele alogame, la hibrizii plantelor alogame, precum și la plantele

Scanned with OKEN Scanner

autogame cu heterogenitate mare și la hibrizii lor. Selecția individuală repetată se desfășoară astfel:

Anul 1. Se aleg plantele-elită după metoda descrisă.

Anul 2. Sămînța de la plantele-elită alese se seamănă în cîmpul de selecție unde se compară cu soiul cultivat în zonă. Descendențele unei plante elită la plantele alogame alcătuiesc o *familie*. Se fac observații amănunțite începînd cu răsăritul plantelor. Familiile necorespunzătoare se elimină înainte de înflorit. În cadrul descendențelor cu însușiri favorabile se elimină toate plantele necorespunzătoare sau cu defecțiuni. Înainte de recoltare se face ultima observație și se aleg din nou plante-elită din cadrul descendențelor care segregă. Plantele-elită se analizează separat în laborator, iar cele valoroase se reține pentru anul următor.

Anul 3. Sămînța plantelor-elită se seamănă separat pe familii, elitele care provin dintr-o familie alcătuind un *grup*. Numărul de grupe de familii corespunde cu numărul de familii de la care s-au extras elite în anul precedent. Se aleg, din nou, plante-elite din cele mai valoroase familii, care se însămînțează mai departe tot pe grupe de familii. Plantele rămase după alegerea elitelor se treieră împreună pe grupe de familii. Fiecare grupă va alcătui o variantă a culturii comparative de orientare în anul următor.

Anul 4. Noile plante-elită se seamănă în cîmpul de selecție, izolat pe familii. Se fac eliminări ca în anii precedenți și din descendențele acestora se aleg din nou plante-elită.

Grupele de familii se examinează în culturi comparative de orientare în cadrul stațiunii experimentale și, în paralel, se înmulțesc.

Anul 5. Se continuă însămînțarea plantelor-elită pe familii, urmată de extragerea de noi plante-elită din cele mai corespunzătoare familii, după tehnica descrisă. Grupele de familii care s-au evidențiat în culturile comparative de orientare trec în culturi comparative de concurs și în paralel se înmulțesc. Grupele noi de familii, formate în anul precedent, se experimentează în culturi comparative de orientare și se înmulțesc.

Anul 6. Se continuă însămînțarea plantelor-elită și alegerea de noi plante-elită după tehnica descrisă. Se stabilesc noi grupe de familii, care sînt trecute în culturi comparative de orientare și înmulțire.

Grupele de familii care s-au evidențiat în culturile comparative de concurs trec în al doilea an de culturi comparative de concurs și se înmulțesc în continuare cele mai valoroase dintre ele.

Anul 7. Grupele de familii care au dat rezultate bune în culturile comparative de concurs din anii precedenți se predau spre examinare în rețeaua experimentală a Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor (în vederea omologării) și se înmulțesc.

Grupele de familii care s-au evidențiat în culturile comparative de orientare se experimentează mai departe în culturi comparative de concurs și paralel se înmulțesc.

Grupele noi de familii se experimentează în culturi comparative de orientare și paralel se înmulțesc.

Selecția individuală repetată se caracterizează prin aceea că începînd din anul al treilea, în afara extragerii repetate de noi plante-elită, pe familii, anual se formează grupe noi de familii, care în anul următor sînt experimentate în culturi comparative de orientare și se înmulțesc.

Scanned with OKEN Scanner

Grupele de familii se formează prin treierarea împreună a plantelor rămase după extragerea plantelor-elită.

În afara metodelor descrise, la *plantele alogame* se întîlnesc o serie de variante ale selecției individuale. Cele mai importante sînt selecția după metoda toată sămînța pe un rînd sau un știulete pe rînd și metoda jumătate din sămînță sau jumătate de știulete pe rînd.

Metoda un știulete pe rînd începe în primul an prin alegerea plantelor-elită, după tehnica descrisă. În anul al doilea, sămînța unei plante-elită se seamănă pe un rînd. În timpul vegetației se elimină toate descendențele necorespunzătoare. În cadrul descendențelor care au corespuns scopului urmărit, înainte de înflorit se elimină plantele cu defecte, pentru a se evita impurificarea cu polen de la aceste plante. La recoltare se stabilesc descendențele care au dat producțiile cele mai mari. Plantele provenite din descendențele cu cele mai bune rezultate se treieră împreună, urmînd ca în anii următori să se examineze comparativ cu soiul cultivat în zonă, în culturi comparative de orientare și în culturi comparative de concurs, după schemele descrise. Paralel se înmulțesc descendențele cele mai valoroase. Această metodă a fost mult timp folosită la porumb, floarea-soarelui și alte plante alogame.

Metoda o jumătate de știulete (din sămînță) pe rînd, spre deosebire de metoda un știulete pe rînd, constă în semănarea a numai jumătate din semințele provenite de la o plantă-elită. Restul de semințe se păstrează în pungi, în condiții optime menținerii facultății de germinație. O atenție deosebită se acordă inventarierii semințelor însămînțate și a celor reținute. În acest scop, numărul parcelei sau al rîndului din cîmp este obligatoriu identic cu numărul pungii în care se păstrează semințele. În timpul vegetației se fac observații asupra comportării plantelor, fără a se înlătura plantele cu însușiri negative. Se recoltează separat fiecare rînd și se calculează producția. Rîndurile la care s-au obținut rezultatele cele mai bune se notează, iar pentru anul următor se pregătește rezerva de sămînță de la plantele-elită respective, care se amestecă și se încearcă în culturi comparative de orientare și de concurs. Paralel se înmulțește.

În cazul cînd noul material se evidențiază în toate culturile comparative, el se transmite Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor care îl experimentează în vederea omologării.

Această metodă dă rezultate foarte bune pentru porumb, floarea-soarelui și alte plante alogame.

Selecția clonală. Noțiunea de *clonă* vine de la cuvîntul grecesc *klön* care înseamnă ramură. În ameliorarea plantelor, prin clonă se înțelege descendența obținută pe cale vegetativă de la un singur individ. Astfel, de exemplu, descendența rezultată din înmulțirea vegetativă a unui tubercul reprezintă o clonă. Din punct de vedere genetic și morfologic, indivizii unei clone sînt identici. Variabilitatea clonelor poate să intervină numai în urma unei mutații care poate avea loc în timpul perioadei de vegetație. Selecția clonală dă rezultate bune la plantele care se înmulțesc vegetativ, cum sînt: cartoful, vița de vie, unii arbuști, flori și altele. Prin selecție clonală se pot obține linii uniforme și constante într-o perioadă scurtă, ceea ce prezintă un mare avantaj pentru ameliorare. Un alt avantaj este acela că prin intermediul clonelor se poate asigura înmulțirea liniilor sterile.

Scanned with OKEN Scanner

Deşi teoretic o clonă ar trebui să fie invariabilă de la o descendenţă la alta, practica arată că după o anumită perioadă de timp apar forme modificate. Acestea se numesc *mutaţii vegetative sau somatice.* În prezent, frecvenţa acestor mutaţii poate fi mărită prin folosirea radiaţiilor ionizante şi a unor substanţe chimice speciale care, în contact cu celulele, au însuşirea de a modifica ereditatea plantelor.

Selecţia clonală are o largă utilizare la cartof. Se foloseşte selecţia clonală individuală cu o singură alegere astfel:

Anul 1. În cîmpul de alegere se aleg tufele-elite în momentul recoltării. Alegerea elitelor se face pe baza producţiei care se determină imediat după recoltare şi pe baza analizelor de calitate care se fac în laborator.

Anul 2. Elitele alese se plantează individual în cîmpul de selecţie. În anii următori se face aprecierea celor mai bune clone în cîmpul de control şi în culturi comparative de orientare şi de concurs. Cîmpul de control se deosebeşte de cultura comparativă de orientare printr-un număr mare de clone şi prin suprafaţa mai mică a parcelelor. Eliminarea clonelor necorespunzătoare se face în fiecare an în aşa fel încît în cultura comparativă de concurs numărul clonelor este mult mai mic, iar suprafaţa parcelelor se măreşte considerabil. Dintre rezultatele valoroase obţinute pe această cale menţionăm soiul *Bucur* creat de către Ecaterina Constantinescu şi T. Cately din soiul de cartof *Viola.*

Particularităţile selecţiei la plantele alogame. În aplicarea selecţiei la plantele alogame există o serie de particularităţi de care trebuie să se ţină seama. Datorită modului de polenizare, familiile care diferă între ele se pot impurifica atunci cînd ele sînt semănate una lîngă alta sau la distanţe nu prea mari. Pentru menţinerea purităţii trebuie să se asigure izolarea în spaţiu, ceea ce este greu de realizat în special cînd numărul variantelor este mare. Izolarea se realizează prin semănarea familiilor la distanţe mari una de alta, distanţe care diferă de la o specie la alta, sau prin izolarea compartimentată cu ajutorul unor instalaţii speciale, prin paravane sau prin împrejmuire cu plante mai înalte din altă cultură. Cînepa este o plantă care se foloseşte foarte frecvent pentru izolarea unor plante alogame cu talie mai scundă. În regiunile cu perioadă de vegetaţie lungă se poate aplica însămînţarea familiilor în epoci diferite realizîndu-se o izolare în timp. Această metodă dă rezultate foarte bune, deoarece se decalează perioadele de înflorit, înlăturîndu-se pericolul impurificării.

24.2. Hibridarea

Noţiunea de hibridare vine de la cuvîntul latinesc *hybrida,* care înseamnă sînge amestecat. Hibridarea sexuată sau încrucişarea este metoda de bază pentru crearea soiurilor de plante şi raselor de animale. Prin încrucişare se asigură acumularea într-un singur individ a unor caractere şi însuşiri valoroase, întîlnite separat la doi sau mai mulţi indivizi numiţi *genitori.*

Clasificarea hibridării sexuate. Hibridarea sexuată se clasifică după modul de polenizare, după numărul genitorilor care participă la încrucişare şi după gradul lor de înrudire genetică.

Scanned with OKEN Scanner

După modul de polenizare se disting:

— *hibridarea naturală,* care se realizează în natură, fără intervenţia omului, fiind caracteristică plantelor alogame (secară, porumb, floarea-soarelui etc.);

— *hibridarea artificială,* care se realizează prin intervenţia omului şi poate fi: forţată, semiliberă sau limitat liberă şi liberă.

Hibridarea forţată se execută prin castrarea, izolarea şi polenizarea florilor cu polen străin. Hibridarea semiliberă se execută introducînd sub izolatorul plantei castrate mai multe inflorescenţe de la forma tată, amplasate într-o eprubetă cu apă, legată de planta mamă. Polenul cade singur pe inflorescenţa castrată. La hibridarea liberă inflorescenţele castrate rămîn neizolate, polenizîndu-se cu polen adus de vînt sau insecte. Procentajul de prindere este scăzut la hibridarea forţată, mijlociu la cea semiliberă şi mai ridicat la cea liberă.

După numărul genitorilor, hibridarea poate fi: simplă, dublă, complexă, repetată, reciprocă şi dialelă.

La *hibridarea simplă,* formula încrucişării este $A \times B$. *Hibridarea dublă* constă din încrucişarea a doi hibrizi simpli $(A \times B) \times (C \times D)$. *Hibridarea complexă* include încrucişările a doi hibrizi dubli între ei sau a unui hibrid dublu cu un hibrid simplu. *Hibridarea repetată* constă în reîncrucişarea hibridului cu aceeaşi formă paternă timp de mai mulţi ani. De exemplu: $A \times B$ (anul I) $(A \times B) \times B$ (anul II) etc. În hibridarea reciprocă locul partenerilor în formulă se inversează, obţinîndu-se în loc de $A \times B$ un hibrid $B \times A$.

Hibridarea dialelă constă în încrucişarea tuturor formelor două cîte două, în aşa fel încît fiecare formă se încrucişează cu toate celelalte, pe rînd. Dacă, de exemplu, formele A, B, C şi D se încrucişează dialel, combinaţiile dialele simple vor fi $A \times B$, $A \times C$, $A \times D$, $B \times C$, $B \times D$ şi $C \times D$. Numărul combinaţiilor posibile în hibridarea dialelă simplă se determină după formula:

$$x = \frac{n(n-1)}{2}$$

în care x este numărul combinaţiilor, iar n — numărul formelor.

În exemplul de mai sus, formula devine:

$$x = \frac{4(4-1)}{2} = \frac{12}{2} = 6.$$

În cazul cînd amelioratorul execută şi încrucişări dialele reciproce, adică $B \times A$, $C \times A$, $D \times A$, $C \times B$, $D \times B$ şi $D \times C$, numărul combinaţiilor se dublează, formula devenind

$$x = n(n-1) = 12.$$

După gradul de înrudire al genitorilor, hibridarea poate fi: *apropiată* (în interiorul speciei) şi *îndepărtată* (între specii şi genuri diferite, purtînd denumirea de *hibridare interspecifică* şi respectiv *intergenerică*).

Pentru efectuarea de încrucişări utile pentru practica ameliorării sînt necesare mai multe operaţiuni pregătitoare, ca alegerea formelor parentale, izolarea şi castrarea.

Scanned with OKEN Scanner

Alegerea formelor parentale. Obținerea de hibrizi valoroși depinde în mare măsură de alegerea judicioasă a genitorilor.

La alegerea formelor parentale amelioratorul trebuie să aibă dinainte precizate obiectivele pe care le urmărește și să cunoască temeinic materialul inițial din care își alege genitorii. Genitorii trebuie să aibă cît mai puține caractere negative, iar ceea ce lipsește unuia din genitori să fie compensat de celălalt. Dacă doi genitori nu se pot compensa perfect, atunci se poate recurge la al treilea, al patrulea etc. Formele parentale se aleg în funcție de mai multe obiective principale: capacitatea de producție, calitatea etc.

Capacitatea de producție este obiectivul de bază care trebuie avut în vedere la alegerea genitorilor. La cereale, păioase, de exemplu, aceasta depinde de numărul de tulpini fertile, numărul de spiculețe în spic, numărul de boabe, greutatea bobului etc. Este greu să se găsească la un genitor toate aceste elemente la nivelul cel mai ridicat. De aceea se urmărește cumularea lor într-o formă nouă prin hibridare.

Calitatea se urmărește în funcție de specificul culturii. La grîu, de exemplu, interesează însușirile de panificație; la fasole și mazăre, conținutul de proteine, capacitatea de fierbere; la sfecla de zahăr, conținutul procentual ridicat de zahăr; la cartof, conținutul în amidon; la floarea-soarelui, conținutul de ulei etc.

Însușirile fiziologice constituie obiectivul care condiționează constanța producției de la un an la altul. Se acordă atenție rezistenței la ger, la secetă, arșiță, la dăunători, cădere, aptitudinea pentru cultura în condiții de irigare, precum și la mecanizarea lucrărilor de întreținere a culturii și recoltării.

Gradul de homozigoție este un obiectiv foarte important. În încrucișare amelioratorul folosește genitori homozigoți genetic, uniformi morfologic. Dacă materialul nu este uniform se procedează la homozigotizarea lui prin autofecundare repetată, în decurs de cîțiva ani.

Sincronizarea înfloritului constituie un alt obiectiv. Astfel, la alegerea genitorilor se ține seama și de biologia înfloritului și a fecundării. La plantele de cultură polenul își pierde capacitatea de fecundație într-un timp foarte scurt. De aceea, formele parentale trebuie să înflorească în același timp. În cazul cînd perioada de înflorit nu corespunde, sincronizarea se face prin însămînțarea genitorilor în mai multe epoci diferite.

Încrucișarea de forme ecologic îndepărtate. Este o metodă foarte valoroasă. La grîu, de exemplu, se recomandă încrucișarea soiurilor și populațiilor locale, bine adaptate condițiilor de mediu, cu soiuri ameliorate, provenite din diverse regiuni ale lumii cunoscute cu mare capacitate de producție. Prin folosirea acestei metode au fost create multe soiuri valoroase și la alte plante de cultură.

Executarea încrucișării. După ce s-au stabilit formele parentale, respectîndu-se criteriile științifice enumerate, se execută încrucișarea. În acest scop se efectuează următoarele operații: alegerea plantelor, alegerea florilor, castrarea și izolarea florilor, recoltarea și conservarea polenului, polenizarea și etichetarea. Plantele destinate încrucișării trebuie să fie sănătoase, bine dezvoltate, cu caracterele și însușirile urmărite bine și uniform exteriorizate.

Scanned with OKEN Scanner

Reușita hibridării depinde în mare măsură de modul în care s-au executat castrarea și polenizarea, lucrări care cer multă atenție și îndemînare practică. Astfel, castrarea formei materne la grîu se execută cînd staminele sînt încă verzi. Tehnica de castrare constă în primul rînd în pregătirea spicului, prin înlăturarea aristelor, a spiculețelor din partea superioară a spicului și a celor din partea inferioară, care sînt mai slab dezvoltate. La un spic se lasă 7—10 spiculețe centrale, bine dezvoltate. La acestea se înlătură florile centrale, lăsîndu-se numai două flori laterale, care dau semințe mai bine dezvoltate. Apoi cu penseta se înlătură staminele (fig. 128). Castrarea se începe cu spiculețele din partea de jos. Se castrează spiculețele pe o parte, apoi se trece pe partea opusă în aceeași ordine. Spicul se ține în mîna stîngă între degetul mare și cel arătător si printr-o apăsare ușoară pe glume acestea se deschid, dînd posibilitatea de a se introduce penseta cu care se înlătură staminele. După castrarea unei flori penseta se introduce în spirt pentru a distruge polenul care întîmplător ar fi putut ajunge din stamine pe pensetă. Spicul castrat se îmbracă într-un izolator pe care se notează, cu creion negru, data castrării, urmînd ca peste 2—3 zile să se polenizeze. La grîu polenizarea se face cu stamine întregi, care se recoltează de la forma paternă, în momentul cînd polenul a ajuns la maturitatea deplină. Pentru efectuarea polenizării se ridică izolatorul și cu penseta se introduce în fiecare floare cîte o stamină. După introducerea staminei se recomandă să se lovească ușor floarea, prin lovire provocîndu-se expandarea staminei și împrăștierea polenului. După polenizarea tuturor florilor, izolatorul se fixează la loc și se notează data polenizării și formele care au participat la încrucișare. Se poate scrie denumirea soiurilor sau numerele parcelelor, respectiv numărul formei materne sau paterne, ca de exemplu: Bezostaia 1×Favorit, 20 iunie 1976, sau 180×207, 20 iunie 1976.

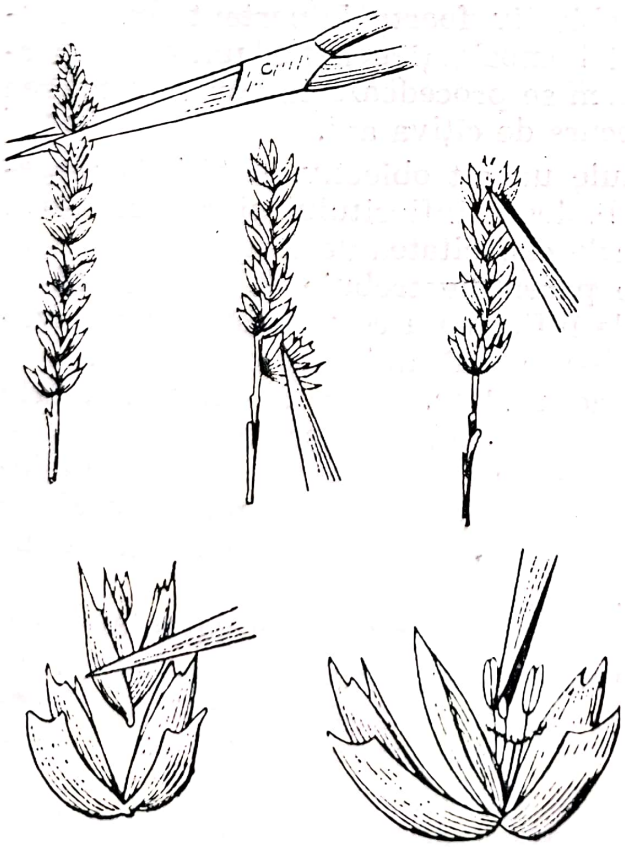


Fig. 128. Tehnica de castrare la grîu.

Alegerea plantelor-elită. Semințele hibride care se obțin în urma încrucișării se recoltează separat, iar în anul următor fiecare spic se seamănă pe un rînd, în cîmpul de hibrizi. Se obține generația I (F_1). Începînd din generația a doua (F_2) se execută alegerea de plante-elită, reținîndu-se plantele cu cît mai multe însușiri cumulate de la ambii părinți. Trebuie subliniat că apariția de însușiri cumulate, așa cum s-a arătat la capitolul privind legile lui M e n d e l, este posibilă numai atunci cînd au fost încrucișate forme ce se deosebesc cel puțin prin două caractere.

Scanned with OKEN Scanner

24.3. Consangvinizarea

Termenul de *consangvinizare* provine din limba latină de la cuvîntul *consanguineus* care înseamnă de același sînge, foarte înrudit. Consangvinizarea este o metodă de înmulțire și ameliorare prin autofecundare repetată.

Consangvinizarea are mare importanță pentru ameliorarea plantelor heterozigote, deoarece permite aducerea diferitelor perechi de gene în stare homozigotă. Biotipurile cu toate seturile de gene aduse în stare homozigotă se numesc *linii consangvinizate* sau *linii autofecundate.*

În cadrul populațiilor heterozigote, numeroase gene nu se pot exterioriza, deoarece ele se află în stare recesivă și sînt acoperite de acțiunea genelor dominante. În general, caracterele condiționate de gene recesive sînt nefavorabile, dar există și cazuri cînd genele recesive condiționează însușiri de mare importanță economică. De exemplu, prin consangvinizare au fost descoperite gene recesive care condiționează rezistența la boli, ger, cădere și altele. La porumb s-a stabilit că datorită prezenței unor gene recesive se reduce înălțimea plantei mai mult de jumătate, ceea ce permite mecanizarea culturii și a recoltării, precum și mărirea densității plantelor la hectar. Însușirile porumbului zaharat sînt condiționate de gene recesive, care permit acumularea în endosperm a glucidelor hidrosolubile. O serie de alte gene condiționează reacțiile biochimice care contribuie la sporirea conținutului de proteine și îmbunătățirea calității acestora printr-un conținut ridicat de lizină și triptofan din bob. Așa este cazul genelor recesive *floury 2* — fl_2 și *opaque 2* — O_2.

La sfecla de zahăr, genele recesive condiționează formarea seminței monogerme. La unele ierburi perene s-au descoperit gene recesive care condiționează rezistența la pășunat; la trifoi au fost descrise gene care condiționează formarea de frunze bogate și erecte, la lupin-forme cu conținut scăzut de alcaloizi etc.

Autofecundarea reprezintă astfel o sursă apreciabilă pentru crearea de noi forme și biotipuri valoroase în ameliorarea unor însușiri.

În prezent, consangvinizarea se folosește în mod deosebit pentru selecția de linii valoroase, care prin încrucișare să dea naștere la hibrizi cu mare capacitate de producție.

Plantele reacționează diferit la autofecundare, în funcție de natura lor genetică. Unele forme în urma autofecundării nu dau semințe și rămîn sterile. Acestea se numesc *autoincompatibile*. Fenomenul de incompatibilitate este condiționat de gene recesive și se întîlnește frecvent la secară.

În urma consangvinizării, la plantele alogame se observă unele fenomene biologice caracteristice și anume:

Scăderea variabilității. În primul an după autofecundare se observă o gamă bogată de forme. În anii următori variabilitatea scade datorită creșterii gradului de homozigoție a genelor. Astfel, conform legilor lui M e n d e l, dacă în primul an de autofecundare heterozigoția plantelor din populație a fost de 100%, deci *Aa*, după prima autofecundare ea se

Scanned with OKEN Scanner

reduce la 50% deoarece *Aa* segregă în 1 *AA*, 2 *Aa* și 1 *aa*. După a doua autofecundare, heterozigoția scade la 25%, după a treia la 12,5%, după a patra la 6,25%, după a cincea la 3,13%, iar mai departe se apropie de zero. Viteza de uniformizare este aceeași pentru toate caracterele heterozigote.

Desfacerea populației în biotipurile componente. În urma autofecundării, factorii ereditari trec din stare heterozigotă în stare homozigotă. Astfel, dacă se autofecundează un organism cu genele heterozigote *AaBb* (cazul dihibridării, după M e n d e l), în descendența a doua vor apare 4 biotipuri cu gene în stare homozigotă după cum urmează: *AABB*, *AAbb*, *aaBB* și *aabb*. Dintre formele apărute se reține numai acelea care corespund obiectivelor urmărite. Cu cît heterozigoția genelor la organismul supus autofecundării este mai accentuată, cu atît numărul de biotipuri este mai mare.

Limita consangvinizării. Liniile autofecundate devin uniforme după 5—6 ani, uneori după 8—10 ani, în funcție de gradul de heterozigoție și de rigurozitatea cu care plantele se aleg. Cînd plantele unei linii sînt identice după toate însușirile lor, linia devine homozigotă, ajungîndu-se la o limită a consangvinizării sau *„minimum de consangvinizare"*. Mai departe liniile sînt menținute prin polenizare cu amestec de polen de la plantele aceleiași linii (fig. 129). Liniile homozigote pot fi menținute și prin însămînțare în loturi izolate în spațiu. La porumb, de exemplu, distanța de izolare de alte loturi de porumb este de cel puțin 1 000 m. La Institutul de cercetări pentru cereale și plante tehnice de la Fundulea liniile se înmulțesc în loturi izolate în pădure. Acest procedeu este recomandat deoarece elimină orice pericol de impurificare cu polen străin.

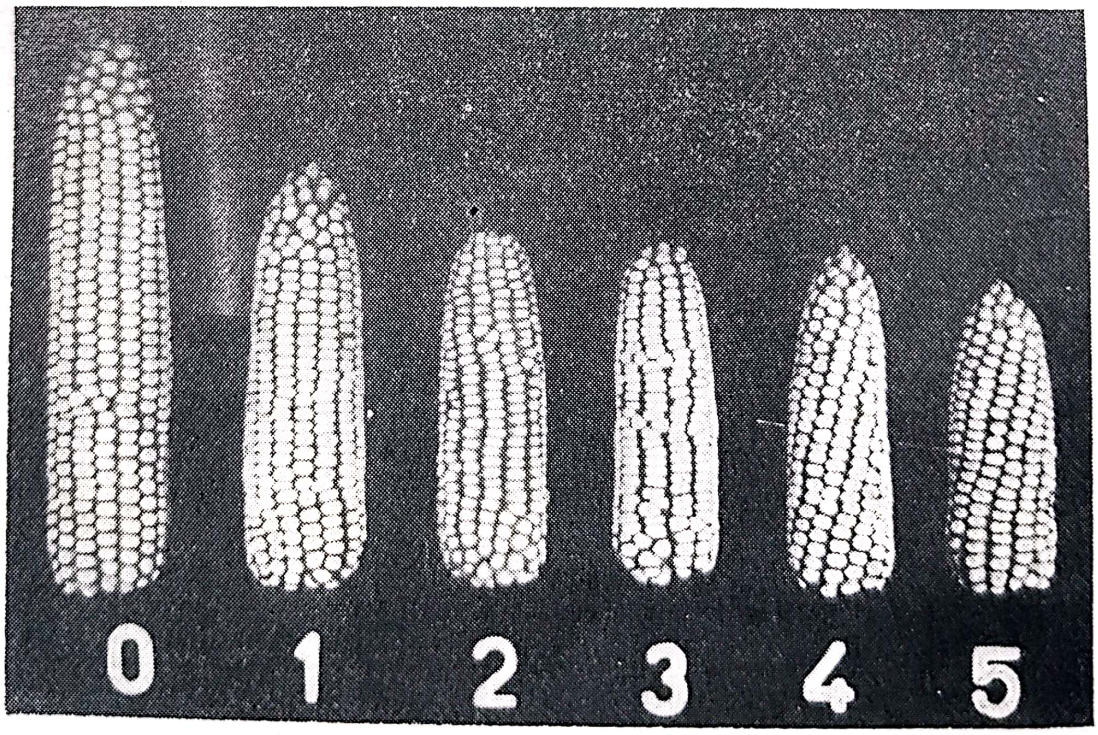


Fig. 129. Scăderea vigurozității știuleților în urma consangvinizării:
0 — forma inițială neconsangvinizată; *1, 2, 3, 4, 5* — generații succesive consangvinizate.

Scanned with OKEN Scanner

24.4. **Heterozisul**

Prin *heterozis* se înțelege superioritatea hibrizilor din prima generație în comparație cu formele parentale. Heterozisul este un fenomen caracteristic atît plantelor și animalelor cît și microorganismelor. El a apărut odată cu înmulțirea sexuată și diploidia care au creat posibilitatea încrucișării organismelor.

Primii hibrizi introduși în cultură au fost obținuți în anul 1876 de americanul W. Beal, între soiuri de porumb din subspecia *indurata* și *indentata*. Hibrizii obținuți de Beal erau cu 10—15% mai productivi, față de soiurile inițiale.

Experimentînd hibrizii obținuți între linii autofecundate S. Shull a constatat, în anul 1905, superioritatea evidentă atît față de formele parentale cît și față de cei mai buni hibrizi între soiuri, cultivați pe atunci în America. Acest fenomen, datorat heterozigoției hibrizilor a fost denumit *heterozis*. Shull propune, în 1908—1909, introducerea în cultură a hibrizilor simpli de porumb. Acest lucru nu a fost posibil, deoarece liniile consangvinizate dădeau producții mici, asigurarea cu sămînță hibridă devenind greoaie și costisitoare.

Problema este rezolvată în anul 1917 de către D. F. Jones care a încrucișat doi hibrizi simpli diferiți, obținînd primii hibrizi dubli. Practica a arătat că hibrizii dubli dau producții asemănătoare hibrizilor simpli, rezolvîndu-se astfel producerea de sămînță în condiții economice avantajoase.

Introducerea heterozisului în practica agricolă a dus la o sporire globală a producției vegetale cu 15—30%. În agricultura mondială heterozisul își găsește o largă aplicabilitate la porumb, sfecla de zahăr și furajeră, sorg, ceapă, tomate, ardei, castraveți, morcov, dovleac, ricin și în ultimii ani la grîu, orz și altele.

Se folosesc mai multe tipuri de hibrizi, ca: hibrizi între două soiuri, hibrizi între un soi și o linie, hibrizi simpli interliniari, (între două linii), hibrizi dubli (între doi hibrizi simpli) și hibrizi complecși sau soiuri sintetice.

Hibridul sintetic sau *soiul sintetic* provine din încrucișarea liberă a mai multor linii autofecundate sau mai multor hibrizi. Soiul sau hibridul sintetic poate fi cultivat un timp îndelungat, fără a se înregistra o diminuare prea mare a producției.

Ritmul cel mai accelerat de introducere a hibrizilor dubli de porumb în cultură s-a înregistrat în S.U.A., apoi în Franța, Italia, Belgia și Olanda. Celelalte țări europene au introdus hibrizii dubli de porumb, pe suprafețe mari, după anul 1952. În țara noastră, pînă în anul 1956 s-au cultivat hibrizi între soiuri, hibrizii dubli de porumb fiind introduși după anul 1956, iar în prezent ei sînt cultivați pe toate suprafețele destinate acestei culturi.

Clasificarea heterozisului. Genetistul suedez *A. Gustafsson* propune trei tipuri de heterozis: *reproductiv*, exprimat printr-o mai bună dezvoltare a inflorescențelor, fertilitate sporită și producție superioară de semințe; *heterozis somatic*, exteriorizat printr-o creștere viguroasă a organelor vegetative, și *heterozis adaptativ*, evidențiat prin vitalitate și rezistență sporite față de factorii nefavorabili.

Scanned with OKEN Scanner

Amploarea heterozisului. În manifestarea heterozisului se întîlnesc o serie de particularităţi, dintre care cea mai caracteristică este exteriorizarea lui puternică în prima generaţie, diminuarea în generaţia a doua şi dispariţia vigorii hibride în celelalte generaţii. Cercetările lui S. Shull şi ale altor cercetători arată că productivitatea hibrizilor scade cu 35% în F_2 şi cu 50% în F_3.

Amploarea heterozisului la hibrizii între linii de porumb este de 25—100% şi de numai 10—25% la hibrizii între soiuri.

La plantele autogame (grîu, orz etc.) amploarea heterozisului este mai puţin pronunţată şi deci diferenţa dintre hibrizii interliniari şi cei între soiuri este mai mică.

Manifestarea heterozisului depinde de specie, pînă în prezent rezultatele cele mai bune obţinîndu-se la porumb, sorg şi sfeclă.

Teorii despre heterozis. Heterozisul este unul dintre cele mai complexe fenomene biologice. Deşi realizările practice au adus omenirii foloase materiale greu de estimat, pînă în prezent încă nu s-a reuşit elucidarea deplină a cauzelor care stau la baza manifestării heterozisului. Cercetătorii sînt încă obligaţi să stabilească hibrizii cu heterozis pronunţat prin intermediul testărilor a mii de combinaţii hibride. Începutul teoriilor despre cauzele care determină vigoarea hibridă se găseşte în concepţia darwinistă despre heterogenitatea gameţilor participanţi la încrucişare.

S. H. Shull a dat heterozisului o definiţie destul de completă spunînd: „Prin heterozis se înţelege mărirea vigurozităţii, a dimensiunilor, productivităţii, dezvoltarea rapidă, rezistenţa faţă de boli şi insecte dăunătoare faţă de condiţii nefavorabile, prin care se deosebesc formele hibride de cele autofecundate şi care se formează ca un rezultat specific al heterogenităţii gameţilor parentali uniţi în fecundaţie". Concepţia heterogenităţii întîlnită la Ch. Darwin se păstrează astfel şi în explicaţia lui S. H. Shull.

Teoria dominanţei în varianta iniţială a fost elaborată de către C. Davenport în anul 1908, fiind apoi dezvoltată în lucrările lui A. Bruce, F. Keeble, F. D. Richey, G. F. Sprague (1931) şi alţii. Conform acestei teorii manifestarea heterozisului depinde de numărul de gene dominante cumulate în hibrid prin încrucişare. Genele cu efect nefavorabil ar fi de natură recesivă. Un hibrid viguros ar conţine mai multe gene dominante favorabile decît formele parentale. În procesul de autofecundare liniile purtătoare de gene recesive nefavorabile se elimină.

Teoria dominanţei atribuie genelor dominante proprietăţi multiple:

— însuşirea de a inhiba efectul nefavorabil al genelor recesive. Astfel dacă vigoarea redusă a liniei *aa BB cc DD* este impusă de genele *a* şi *c*, iar a liniei *AA bb CC dd* — de genele *b* şi *d*, atunci starea heterozigotă *Aa Bb Cc Dd* stabilită prin încrucişare, asigură manifestarea heterozisului;

— însuşirea de interacţiune complementară între gene dominante nealele. În cazul cînd sinteza unui produs, necesar unei dezvoltări rapide, este condiţionată de interacţiunea genelor *A* şi *B*, sinteza nu este posibilă la genotipul *AA bb* sau la cel cu *aa BB*, în schimb, starea heterozigotă asigură mersul normal al sintezei. Forme de heterozis complementar au fost descrise la tomate şi alte culturi ce s-au dezvoltat pe mediu nutritiv;

Scanned with OKEN Scanner

— însușirea genelor dominante de a acționa aditiv. În experiențele lui Keeble și Pelow (1910) au fost încrucișate două soiuri de mazăre, unul purtător de gene dominante care condiționau lungimea internodiilor, iar celălalt purtător de gene dominante pentru numărul de internodii. Hibridul a avut o talie superioară părinților, datorită efectului aditiv al genelor cumulate în hibrid.

Explicațiile oferite de teoria dominanței sînt parțial confirmate de o serie de experiențe, dar nu în întregime. Nu se poate admite că toate genele recesive au efect nefavorabil dezvoltării, se cunosc multe gene recesive favorabile. Teoretic trebuie admisă posibilitatea obținerii de linii autofecundate care să conțină numai gene dominante în stare homozigotă. O astfel de linie ar trebui să aibă cel puțin vigoarea unui hibrid și în plus să mențină heterozisul și în generațiile următoare.

Teoria superdominanței (heterogenității) se sprijină pe interacțiunea alelelor în stare heterozigotă. La baza acestei teorii se află concepția lui S. H. Shull care consideră starea homozigotă, atît dominantă cît și recesivă, nefavorabilă dezvoltării organismului. Starea *Aa* este superioară față de *AA* sau *aa*.

Teoria alelomorfismului multiplu, elaborată de E. East în 1936, este o variantă a teoriei superdominanței. Conform acestei teorii, heterozisul este mai puternic atunci cînd hibridul cumulează gene alele multiple cît mai îndepărtate. Hibridul cu genele A_1A_5 sau a_1a_5 va fi mai viguros decît A_1A_3 sau respectiv a_1a_3.

Au mai fost enunțate și alte teorii, dar nici una nu explică pe deplin cauzele heterozisului, problema rămînînd deschisă pentru noi investigații care au menirea de a stabili indicii precișii după care să se aleagă formele parentale, renunțîndu-se astfel la numeroasele încrucișări și testări care necesită multă forță de muncă și perioadă de timp îndelungată.

24.5. Tehnica obținerii hibrizilor de porumb

Hibrizii dubli de porumb se obțin în urma unui proces de ameliorare îndelungat, care poate fi clasificat în trei etape importante: obținerea liniilor consangvinizate, testarea liniilor în vederea stabilirii capacității combinative, stabilirea celor mai buni hibrizi și introducerea lor în producție.

Obținerea liniilor consangvinizate. Liniile consangvinizate se obțin prin autofecundări forțate repetate timp de 4—6 ani, uneori chiar mai mult. Ca material inițial se folosesc populații locale, soiuri și hibrizi. De mare importanță este alegerea plantelor care urmează a fi izolate și autopolenizate. În acest scop, se aleg plante sănătoase și cu însușiri morfologice și de producție bine exteriorizate.

Izolarea știuletului se face cu 2—3 zile înainte de apariția stigmatelor (mătăsii), iar a paniculelor în ziua cînd partea centrală începe să elibereze polen. Polenizarea, de regulă, se execută peste 2—3 zile de la apariția stigmatelor, între orele 8—11, cînd are loc eliberarea masivă a polenului din stamine. Nu se recomandă ca polenizarea să se execute mai tîrziu de orele 12, deoarece polenul își pierde viabilitatea din cauza temperaturii ridicate și a umidității atmosferice scăzute. În zilele noroase,

Scanned with OKEN Scanner

polenizarea se poate executa cu rezultate bune în tot cursul zilei. Polenizarea se execută astfel: operatorul se apropie de plantă, din partea opusă vîntului, apleacă planta prinzînd-o cu mîna stîngă de la baza izolatorului, iar cu mîna dreaptă lovește ușor în izolator pentru a scutura polenul din stamine. Se ridică izolatorul cu polen de la panicul și se așază pe știulete, de unde mai întîi se înlătură izolatorul.

Știuleții proveniți din autofecundare se analizează în laborator și în anul următor se seamănă în cîmpul de selecție după metoda 1/2 știulete pe rînd. Autofecundarea continuă pînă cînd liniile devin uniforme și constante pentru toate însușirile ereditare.

În cîmpul de selecție se înlătură biotipurile care suportă greu autofecundarea, biotipurile neproductive, sensibile la secetă, boli și dăunători, nerezistente la cădere etc.

Numărul liniilor consangvinizate în cîmpul de selecție este foarte mare, putînd ajunge la cîteva mii. Pentru simplificarea muncii, ameliorato-rul procedează la determinarea capacității combinative a liniilor. Prin *capacitate combinativă* se înțelege însușirea liniilor de a da hibrizi valoroși și cu mare capacitate de producție. Se determină capacitatea combinativă generală și capacitatea combinativă specifică.

Determinarea capacității combinative generale. Pentru a scoate în evidență modul în care liniile reacționează la încrucișare se procedează la încrucișarea lor cu un genitor comun denumit *tester* (analizator). Se testează liniile care se află în anul al treilea de autofecundare. Ca tester se folosește o linie consangvinizată, un hibrid sau un soi care posedă însușirea de a reacționa puternic la încrucișare. Pentru simplificarea operației, testerul se folosește ca formă-tată, ceea ce permite încrucișarea lui cu un număr nelimitat de linii în același cîmp de hibridare. Liniile care se testează sînt castrate cu rigurozitate, prin înlăturarea paniculelor înainte de înflorirea acestora.

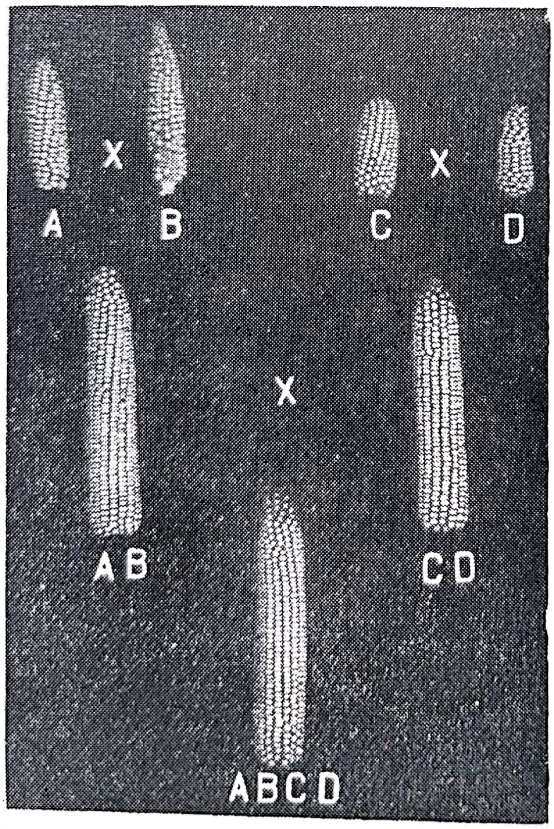


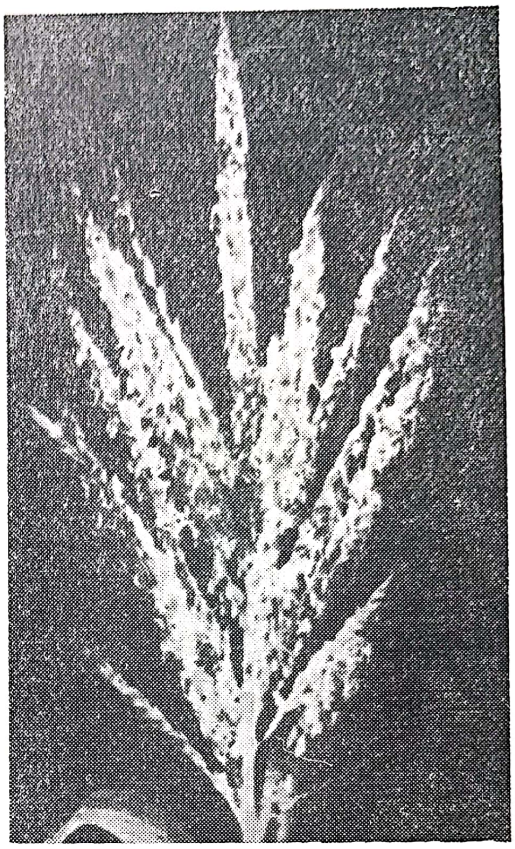
Fig. 130. Obținerea hibrizilor de porumb pe bază de linii androfertile (original).

În urma testării se obțin hibrizi linie — tester, a căror producție se examinează în cîmpul de control. Liniile care nu au dat hibrizi cu heterozis pronunțat se elimină. Paralel cu testarea se continuă autofecundarea liniilor în vederea măririi gradului de homozigoție.

Determinarea capacității combinative specifice. Liniile cu o bună capacitate combinativă generală se încrucișează între ele

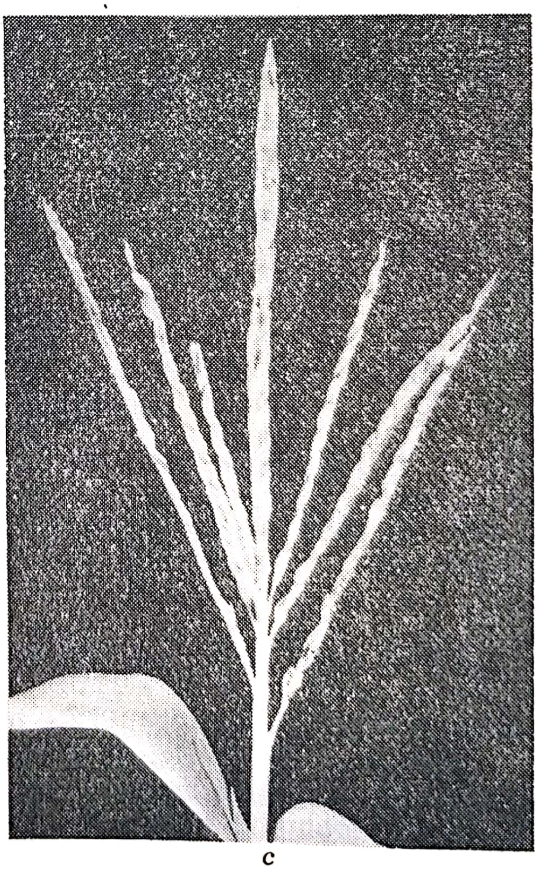
Scanned with OKEN Scanner

a



b

Fig. 131. Aspectul paniculului de porumb: *a—b* — androfertil; *c* — androsteril (original).



c

dialel, iar hibrizii simpli obținuți din încrucișările dialele se examinează în culturi comparative de orientare, stabilindu-se perechile de linii care dau cel mai pronunțat heterozis. În paralel se continuă autofecundarea și selecția celor mai bune linii, precum și înmulțirea lor.

Determinarea capacității de combinare la hibrizii simpli. Cei mai buni hibrizi simpli se încrucișează dialel între ei obținîndu-se o serie de hibrizi dubli. Aceștia se experimentează în culturi comparative în condiții și ani diferiți. În final se stabilesc liniile componente pentru cei mai valoroși hibrizi dubli. Studiul celor mai buni hibrizi dubli se continuă la Comisia de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor.

Scanned with OKEN Scanner

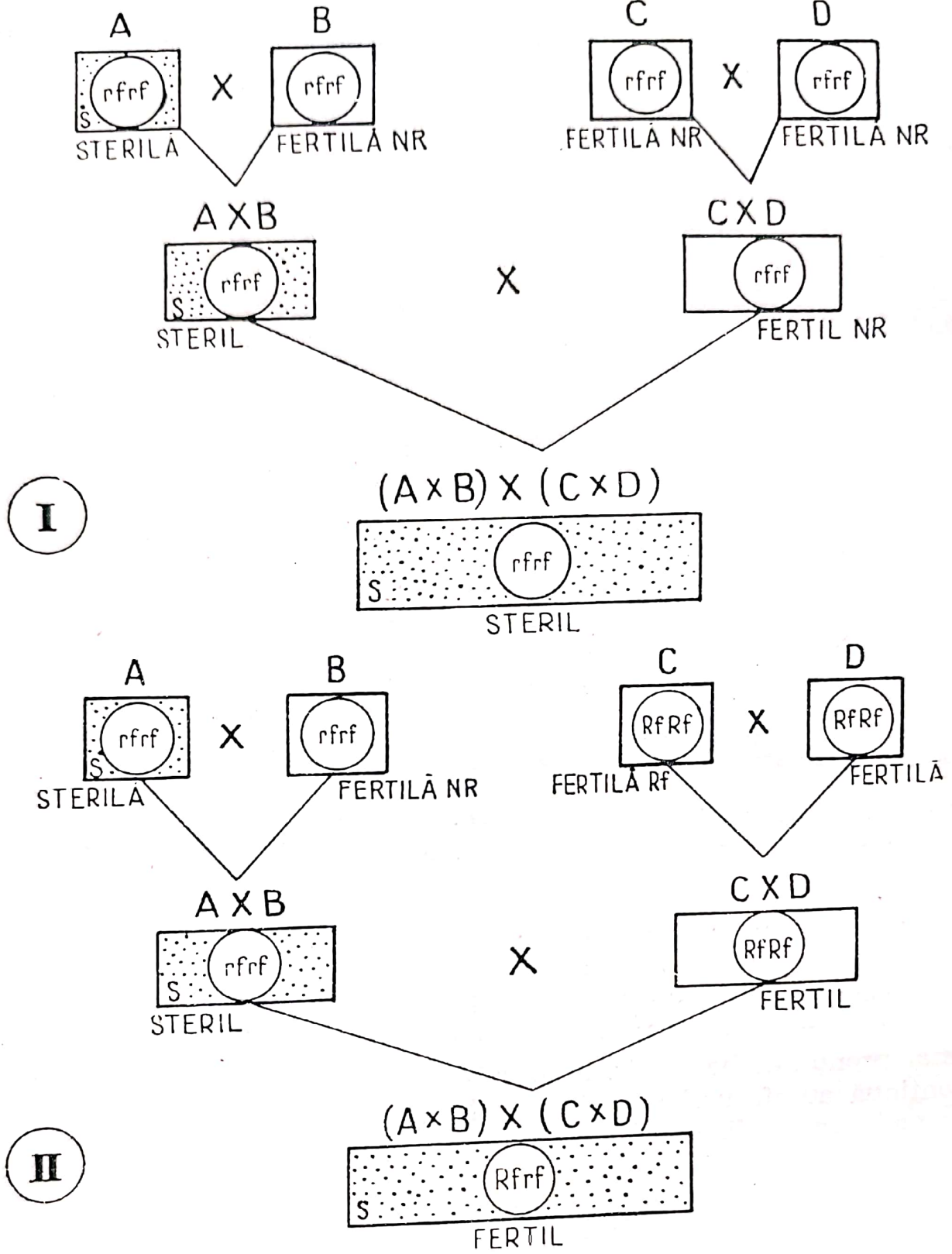


Fig. 132. Obţinerea hibrizilor de porumb pe bază de androsterilitate citoplasmatică (I) şi restaurarea fertilităţii (II):
A, B, C, D — liniile consangvinizate participante.

Liniile care intră în componenţa hibrizilor dubli au un grad ridicat de homozigoţie, ceea ce permite ca, paralel cu experimentarea hibrizilor, liniile respective să fie înmulţite în loturi izolate.

Obţinerea de hibrizi de porumb pe bază de androsterilitate citoplasmatică. Producerea hibrizilor dubli de porumb necesită un volum mare de muncă manuală pentru înlăturarea într-un timp scurt a paniculelor

Scanned with OKEN Scanner

la formele materne. Pentru producerea unui hibrid dublu sînt necesare trei cîmpuri de hibridare și anume:

1. cîmp pentru producerea hibridului simplu mamă $A \times B$;
2. cîmp pentru producerea hibridului simplu tată $C \times D$;
3. cîmp pentru producerea hibridului dublu $(A \times B) \times (C \times D)$.

În cîmpul 1 trebuie castrată forma A, în cîmpul 2 forma C, iar în cîmpul 3 hibridul (A×B) (fig. 130).

Operațiile din cîmpul de hibridare au fost mult simplificate în urma folosirii în practica agricolă a fenomenelor de androsterilitate citoplasmatică și de restaurare a fertilității (fig. 131). Se cunosc două posibilități de obținere a hibrizilor folosind liniile androsterile și a celor restauratoare de fertilitate. Astfel, în cazul cînd hibridul dublu se produce după schema din fig. 132, *I*, castrarea se evită la linia A și la hibridul simplu mamă (A×B). Datorită absenței liniei restauratoare de fertilitate un astfel de hibrid dublu este androsteril. Pentru asigurarea polenizării urmează ca seminței, produsă pe bază de androsterilitate, să i se adauge 25—30% sămînță din același hibrid, produs pe bază de linii normale fertile.

În fig. 132, *II* este prezentată posibilitatea obținerii de hibrizi dubli folosindu-se liniile restauratoare de fertilitate C și D. Prin aceasta castrarea rămîne necesară numai pentru linia C în cîmpul de obținere a hibridului simplu tată.

Sămînța hibridă produsă pe bază de androsterilitate și restaurare de fertilitate are o valoare biologică ridicată, iar prețul ei de cost este mult mai redus.

Dintre hibrizii de porumb creați în țara noastră prin metoda încrucișării liniilor consangvinizate, cei mai valoroși s-au dovedit a fi hibrizii dubli 96, 98, 101, 105, 208, 220, 225, 305, 310, 405.

Datorită capacității sporite de producție a liniilor consangvinizate create la I.C.C.P.T. Fundulea și stațiunile experimentale s-a trecut la introducerea în producție a *hibrizilor simpli*. Hibrizii simpli au fost deja omologați și introduși în cultură cu rezultate foarte bune.

Numerele hibrizilor sînt date în funcție de durata perioadei de vegetație. Cu cît numărul este mai mic cu atît hibridul este mai timpuriu. Întrucît fenomenul heterozis se manifestă numai în prima generație este necesar ca sămînța hibridă să se producă în fiecare an.

24.6. **Mutațiile și poliploidia**

Metoda de bază pentru obținerea de forme cu însușiri noi față de formele existente este hibridarea sexuată, care se bazează pe recombinarea genelor, fără a fi afectată cantitativ sau calitativ baza ereditară. Procesul de mutageneză oferă o nouă posibilitate de obținere a unor forme modificate numite *mutante*, care apar în urma modificării bazei ereditare. Modificarea eredității prin intermediul mutațiilor artificiale reprezintă pentru ameliorarea plantelor o metodă modernă, care permite crearea unui material inițial cu însușiri noi.

Pentru obținerea de mutații se folosesc, așa cum am văzut (v. cap. 19), radiațiile și substanțele chimice mutagene.

Procesul de mutageneză, ca metodă de ameliorare a plantelor, se compune din mai multe etape: tratarea semințelor, a plantelor sau

Scanned with OKEN Scanner

organelor de plante cu factorul mutagen; alegerea mutantelor și folosirea lor în procesul de ameliorare.

Aplicarea factorului mutagen. La *iradieri* se folosesc, de regulă, radiațiile gama, Roentgen și neutronii termici, în doze de 10—35 Kr pentru semințele de cereale, 5—15 Kr pentru semințele de leguminoase mari, 2—5 Kr pentru organe vegetative etc.

Tratamentele chimice se efectuează timp de 4—24 ore în soluții apoase de concentrații cuprinse între 1,5% pentru etilmetansulfonat (EMS) și 0,0001% pentru factorii mutageni din grupul nitrozo (nitrozo-etil-uree și nitrozometil-uree).

După tratament semințele se lasă pentru decontaminare, cum este cazul iradierii cu neutroni, sau se spală în curent de apă continuu timp de 2 ore în urma tratamentelor chimice. Se recomandă ca tratamentul să se aplice la cel puțin 2—4 mii semințe.

Semințele tratate se seamănă în condiții optime de germinație.

Alegerea mutantelor. Generațiile obținute în urma tratamentului se notează cu M. Prima generație se notează cu M_1 apoi M_2 etc. Alegerea mutantelor începe din M_1 pentru mutațiile dominante și din M_2 pentru cele recesive. Întrucît toate mutațiile recesive se exteriorizează în M_2, alegerea continuă și în M_3—M_4. Se cunosc multe cazuri cînd mutațiile cu însușiri de producție superioare au apărut în M_3.

Mutantele obținute pot fi introduse direct în procesul de ameliorare prin selecție individuală, dar cel mai frecvent ele se folosesc în programul de încrucișare cu diferite soiuri sau cu alte mutante. Trecerea mutantelor direct în procesul de selecție individuală se practică atunci cînd se urmărește modificarea unei însușiri la un soi oarecare fără a afecta pe celelalte, cum este rezistența la boli și dăunători, talia și altele.

Obținerea de mutații depinde în mare măsură de alegerea materialului inițial și a factorului mutagen. Soiurile de origină hibridă dau o frecvență mai mare de mutații în comparație cu cele create prin metoda selecției dintr-o populație sau alt soi neameliorat.

Pînă în prezent, prin metoda mutațiilor au fost create circa 80 de soiuri, din care 11 la orz, 7 la grîu, cîte 4 la orez și soia și altele.

În programul de ameliorare a soiurilor de orz de la Institutul de ameliorare din Svalof (Suedia) mutageneza este inclusă ca metodă de bază. La acest institut, prin mutageneză a fost creat soiul de orz *Pallas* cu talie mică, în urma iradierii cu raze Roentgen a semințelor din soiul Donus, care avea defectul de a cădea în condiții de agrotehnică intensivă. Printre mutantele rezultate unele aveau talie mică păstrînd toate celelalte însușiri ale soiului Donus. În India, prin iradiere a fost creat soiul Sharbati Sonora cu pai scurt, conținut ridicat de proteină și calitate superioară, iar în R. S. Cehoslovacă a fost creat soiul de orzoaică Diamant, deosebit de valoros.

La I.C.C.P.T.-Fundulea, prin tratamente cu etil-metansulfonat, P. Diaconu, N. Eustațiu, L. Drăghici, Gh. Itu și Al. Bude au obținut mai multe tipuri de mutații la grîu și orz, rezistente la cădere, care au fost introduse în procesul de ameliorare (fig. 133).

Rezultate deosebite au dat factorii mutageni în obținerea de tulpini mai productive de microorganisme. Prin selecția mutantelor, productivitatea tulpinilor de penicilină a crescut de la 100 unități la 10 000 unități.

Scanned with OKEN Scanner

Rezultate asemănătoare s-au înregistrat la tulpinile de biomicină, tetramicină, eritromicină și altele, iar tulpinile producătoare de lizină sînt de 500 ori mai productive în comparație cu formele inițiale.

Poliploidia, deși este o metodă nouă pentru ameliorarea plantelor, rezultate de importanță practică se cunosc deja la un număr însemnat de plante de cultură, ca: secara, trifoiul, sfecla, pepenele verde, salata, multe ierburi, precum și la unele plante ornamentale.

Formele poliploide nu pot fi introduse imediat în cultură, deoarece trebuie supuse timp de cîțiva ani procesului de selecție. Se aplică metoda selecției individuale sau în masă în vederea îmbunătățirii unor însușiri, dintre care o atenție deosebită se atribuie sporirii fertilității, care în primii ani după tratamente este destul de scăzută.

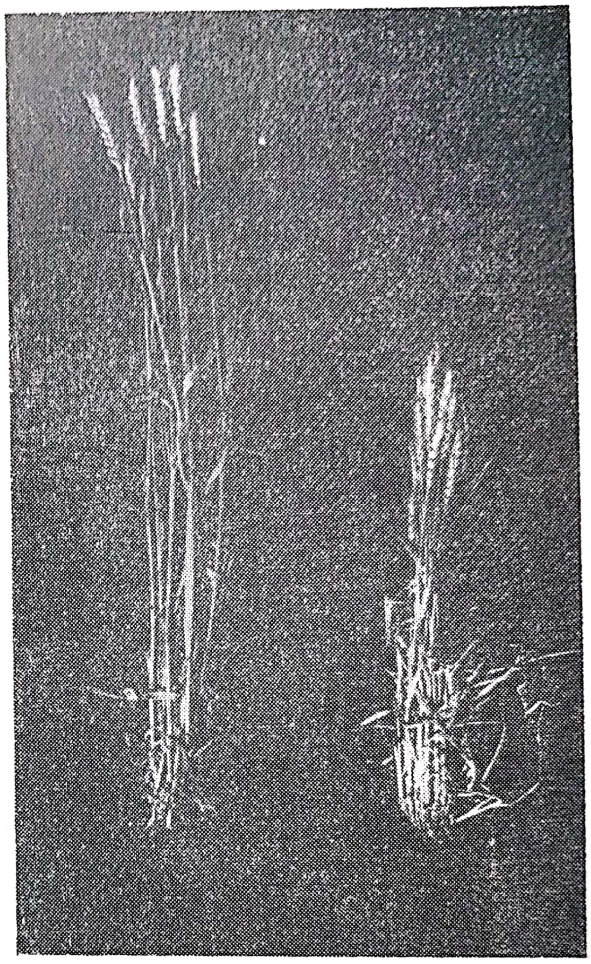


Fig. 133. Mutantă privind talia la grîu: stînga soiul inițial; dreapta mutantă pitică (original).

Secara tetraploidă se caracterizează prin semințe mai mari decît cele obișnuite (fig. 134). În ameliorarea formelor tetraploide de secară se aplică selecția individuală, urmărindu-se cu prioritate formele cu producție mare de masă verde și semințe. Testarea capacității de producție de semințe nu se poate face în culturi comparative în care ca martor să participe soiul diploid cultivat în zonă, deoarece secara tetraploidă preferă

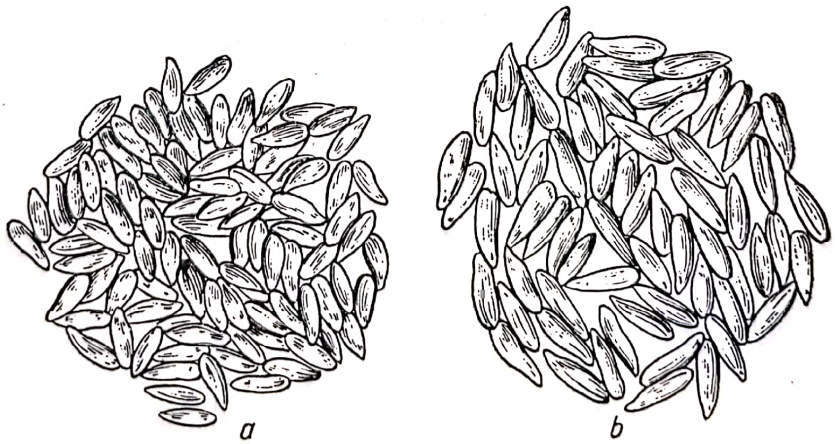


Fig. 134. Poliploidia la secară: *a* — diploid; *b* — tetraploid.

Scanned with OKEN Scanner

polenul diploid, ceea ce ar duce la obținerea în generația următoare de triploizi, care sînt sterili. Semințele triploide sînt mai mici decît cele tetraploide și nu ar permite evaluarea corectă a potențialului de producție. De aceea, examinarea formelor tetraploide se face în culturi comparative în care ca martor se folosește soiul de grîu cultivat în zonă.

Trifoiul tetraploid dă o producție de masă verde cu 30% mai mare decît soiurile diploide. Frunzele sînt mai mari și mai cărnoase, iar tulpinele mai lungi și mai viguroase (fig. 135).

La *sfecla de zahăr*, pentru producție sînt valoroși hibrizii triploizi obținuți din încrucișarea formelor tetraploide cu cele diploide. Triploizii dau o producție de rădăcini mai mare cu 10—15%, iar conținutul în zahăr este cu 1—2% superior soiului diploid. În același timp, conținutul în azot și cenușă scade cu 15—20%.

Ameliorarea sfeclei de zahăr după metoda poliploidiei se face în patru etape: *1*) obținerea formelor tetraploide; *2*) ameliorarea formelor tetraploide privind producția și însușirile tehnologice, prin metoda selecției individuale; *3*) stabilirea celor mai bune combinații hibride prin metoda încrucișărilor dialele între tetraploizi și diploizi și *4*) experimentarea hibrizilor triploizi în culturi comparative, în vederea introducerii lor în producție.

Producerea seminței hibride triploide este un proces de mare răspundere. În cîmpul de hibridare formele tetraploide alternează cu cele diploide, tetraploizii participînd ca mamă, deoarece ei refuză polenul lor propriu, preferînd în fecundație polenul formelor diploide. Astfel aproape 80% din sămînța rezultată este triploidă. Se consideră că o sămînță este valoroasă cînd conține minimum 60% forme triploide și maximum 20% forme tetraploide.

Descoperirea fenomenului de androsterilitate citoplasmatică ridică la o treaptă superioară ameliorarea sfeclei de zahăr, asigurîndu-se obținerea de sămînță hibridă în proporție de 100%.

Hibrizii triploizi sînt sterili, ei se pot folosi în cultură un singur an și numai pentru producția de rădăcini. Pentru cultivarea lor permanentă trebuie ca unitățile specializate în producerea de sămînță să asigure anual necesarul de sămînță triploidă.

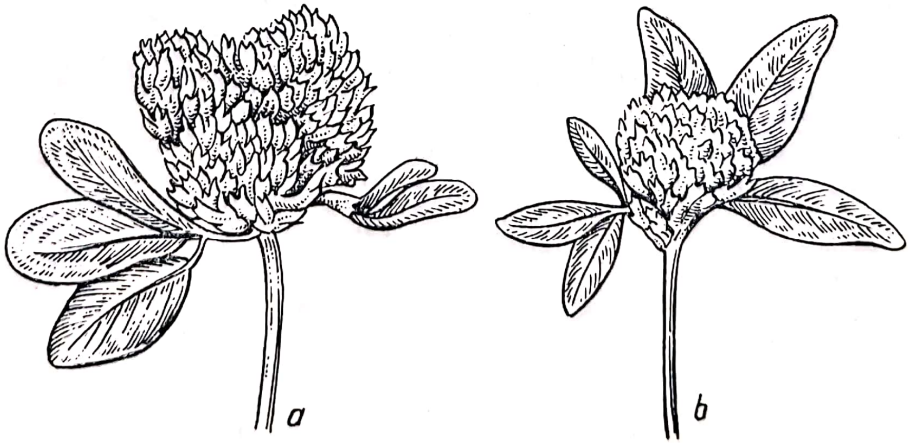


Fig. 135. Poliploidia la trifoi:
a — tetraploid; *b* — diploid.

Scanned with OKEN Scanner

În ameliorarea sfeclei de zahăr se întîlnește împletirea celor mai moderne și eficace metode de ameliorare: crearea liniilor prin poliploidie și consangvinizare, ameliorarea unor însușiri prin selecție individuală și heterozisul provenit din încrucișarea a două linii cu grade diferite de ploidie.

Institutul pentru cultura cartofului și a sfeclei de zahăr de la Brașov asigură în prezent cultivarea tuturor suprafețelor destinate sfeclei de zahăr cu hibrizi triploizi, dintre care cei mai răspîndiți în cultură sînt: R. poli 1, R. poli 7 și alții.

24.7. **Hibridarea îndepărtată**

Hibridarea îndepărtată este una dintre metodele de mare importanță pentru ameliorarea plantelor. Sînt cunoscute peste 200 de mii de specii de plante *Angiospermae,* dintre care omul a reușit să introducă în cultură doar 250 de specii, adică aproximativ 0,12%. Speciile sălbatice posedă unele însușiri care lipsesc la cele cultivate, cum sînt rezistența la ger, secetă, imunitatea față de boli și insecte dăunătoare, perenitatea și altele. Observînd aceste însușiri ale plantelor sălbatice, omul de știință a dorit să le transfere speciilor cultivate, fapt pentru care s-a recurs la încrucișarea între cele mai diferite specii ajungîndu-se astfel la ceea ce astăzi numim *hibridare îndepărtată.* Cînd speciile încrucișate aparțin aceluiași gen, hibridarea se numește *interspecifică (Triticum durum×T. aestivum),* iar cînd speciile fac parte din genuri diferite hibridarea se numește *intergenerică (T. aestivum×Secale cereale).*

Necesitatea creării de soiuri la plantele de cultură din ce în ce mai valoroase a făcut ca hibridarea îndepărtată să devină o metodă de ameliorare.

Rezultate deosebite au fost obținute la plantele horticole la sfîrșitul secolului al XIX-lea și începutul secolului XX de către L. Burbank în America și I. V. Miciurin în Rusia. Dintre rezultatele lui L. Burbank amintim plumcotul, un hibrid între prunul japonez și cais, care îmbină caracterele celor două specii, un hibrid intermediar între piersic și migdal, hibridul dintre două specii de castan, care rodește după 18 luni de la însămînțare sau după 6 luni de la altoire pe pomi maturi și alți mulți hibrizi.

I. V. Miciurin a obținut hibrizi între mărul cultivat și cel chinezesc, între părul cultivat și cel sălbatic de Ussuri, hibrizi între prun și porumbar, între vișin și cireș și altele. I. V. Miciurin a căutat să elaboreze metode prin intermediul cărora să se învingă marea dificultate de „rezistență" la încrucișare a speciilor. El a elaborat metoda apropierii vegetative prealabile, prin altoirea unui genitor pe altul, urmînd ca încrucișarea să se facă între ramurile care au o „conviețuire" vegetativă, metoda polenizării cu amestec de polen, metoda intermediarului și altele.

Dificultatea hibridării îndepărtate nu se oprește la reușita hibridării, ea continuă, concretizîndu-se în letalitatea hibrizilor sau în sterilitatea lor, care pune în pericol existența formei hibride.

Scanned with OKEN Scanner

Sterilitatea hibrizilor îndepărtaţi. Hibrizii îndepărtaţi, de regulă, în prima generaţie sînt total sau parţial sterili, gradul de fertilitate depinzînd de gradul de înrudire genetică a speciilor încrucişate.

Cauzele genetice ale sterilităţii hibrizilor interspecifici au fost explicate după descrierea comportării cromozomilor în diviziunea reducţională şi în timpul formării gameţilor.

Dacă speciile încrucişate nu sînt înrudite este puţin probabil ca în genomurile lor să se găsească cromozomi înruditi care să poată conjuga în timpul diviziunii reducţionale la hibrid. Lipsa de omologie a cromozomilor, uniţi în hibridul îndepărtat, nu face posibilă apariţia fenomenelor sinaptice de conjugare a cromozomilor în diachineză şi metafază, observîndu-se numai cromozomi univalenţi, neîmperecheaţi. Repartizarea spre cei doi poli se face anarhic rezultînd diferite configuraţii meiotice aberante.

Aberaţiile devin şi mai grave la microspori, în gameţi, observîndu-se grupuri separate de cromozomi care formează numeroşi micronuclei. De regulă, microsporii se opresc în stadiul de un nucleu cu micronuclei (fig. 136).

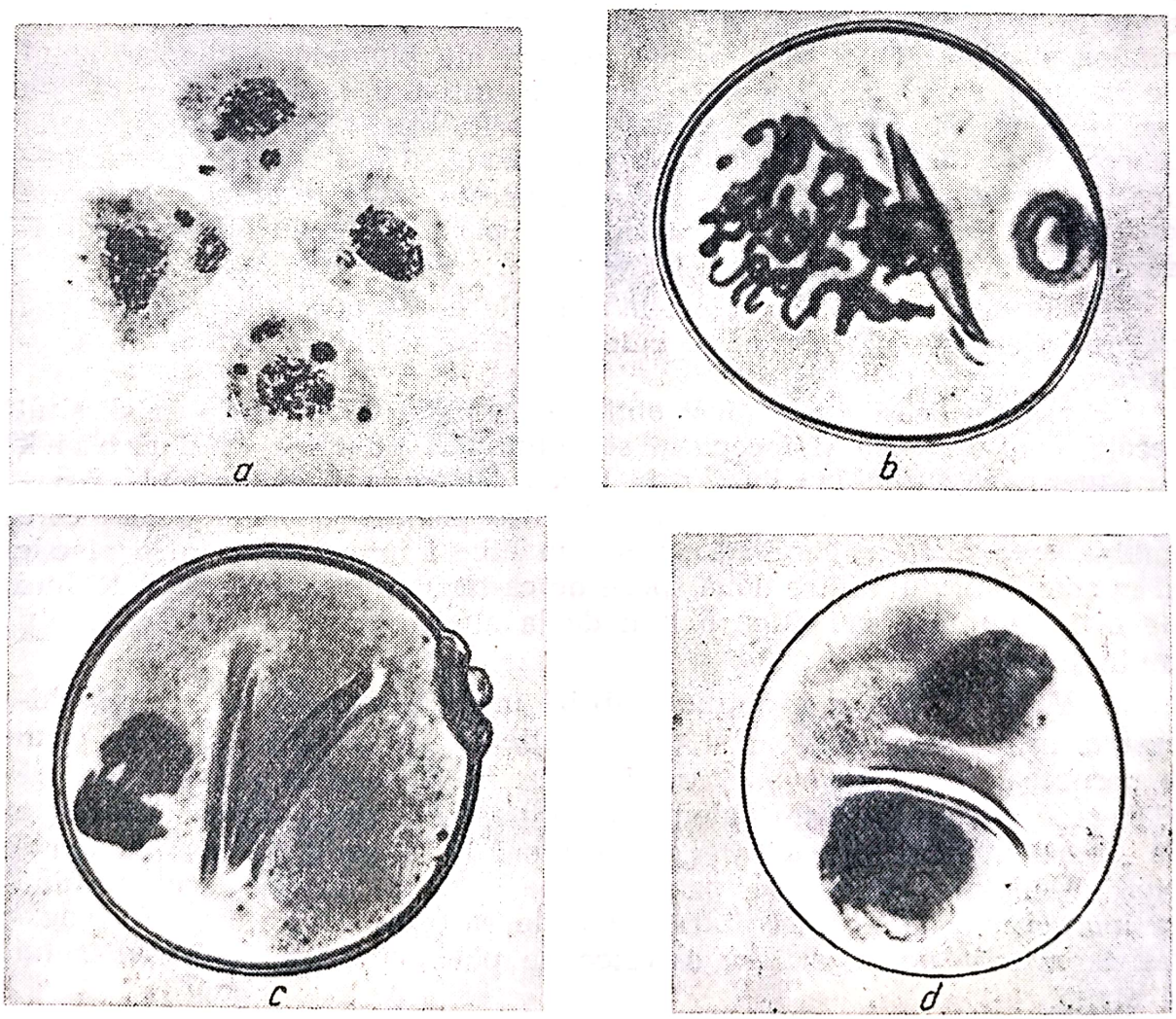


Fig. 136. Aspectul microsporilor la hibridul *Triticum aestivum* × *Agropyron intermedium* F_1:
a — tetradă cu micronuclei; *b* — microspor în prometafază; *c* — microspor în anafază: *d* — microspor cu diviziunea blocată în telofază (original).

Scanned with OKEN Scanner

În unele cazuri, dezechilibrul genetic este atît de puternic încît hibridul formează inflorescenţe incomplet dezvoltate. Anomaliile citogenetice sînt mai puţin conturate în formarea oosferei.

În hibridarea îndepărtată se întîlnesc mai multe cazuri de unire a genomurilor parentale:

— *Încrucişarea între două specii neînrudite, cu număr de cromozomi diferit.* La încrucişarea grîului cu pirul, *Triticum aestivum* ($2n=42$)×*Agropyron elongatum* ($2n=12$), gameţii de grîu conţin 21 de cromozomi, iar cei de pir 7, rezultînd un hibrid intergeneric cu $2n=28$ cromozomi. Teoretic se admite presupunerea că cei 28 de cromozomi pot alcătui în diviziunea reducţională 14 bivalenţi şi într-un astfel de caz formarea gameţilor ar decurge normal. Dar, întrucît cromozomii de la grîu diferă de cei de pir, nu sînt omologi, conjugarea va fi sporadică şi foarte slabă, rezultînd gameţi masculi sterili şi oosfere slab viabile. Aceeaşi situaţie apare şi la încrucişările care însumează în hibrid un număr impar de cromozomi, cum este încrucişarea dintre *T. aestivum* $2n=42$×*A. juncaceum* $2n=28$. Hibridul însumează 35 de cromozomi neomologi, care neputînd conjuga, formează gameţi sterili. La aceşti hibrizi sursa univalenţilor neconjugaţi o constituie, în plus şi numărul impar de cromozomi.

— *Încrucişarea între specii neînrudite cu acelaşi număr de cromozomi.* Ca exemplu poate servi *T. monococcum* ($2n=14$)×*A. elongatum* ($2n=14$) sau *T. aestivum* ($2n=42$)×*A. intermedium* ($2n=42$). Hibridul primeşte de la speciile încrucişate cîte un număr egal de cromozomi, care, datorită lipsei de omologie, nu pot conjuga în diviziunea reducţională.

— *Încrucişarea între specii cu număr de cromozomi diferiţi, dar parţial omologi.* Hibrizii dintre *T. aestivum* şi alte specii de grîu tetraploide sau diploide sînt parţial fertili, deoarece în genomurile lor se întîlnesc cromozomi omologi, speciile respective avînd un drum evolutiv comun.

— *Încrucişarea între specii cu acelaşi număr de cromozomi parţial înrudiţi.* Ca exemplu servesc speciile de grîu tetraploide *Triticum durum, T. dicoccoides, T. polonicum, T. turgidum* şi altele, care au $2n=28$ cromozomi, conţinînd în acelaşi timp şi genomuri identice. Hibrizii între aceste specii au o fertilitate destul de bună.

Înlăturarea sterilităţii hibrizilor îndepărtaţi. Menţinerea hibridului este posibilă pe două căi: prin reîncrucişarea cu una din formele parentale şi prin dublarea numărului de cromozomi.

Prin reîncrucişarea hibridului F_1 cu polen de la unul din părinţi se realizează restabilirea omologică pentru o parte din cromozomii hibridului. Astfel, polenizarea hibridului F_1, *T. aestivum*×*A. intermedium* ($2n\times42$) cu polen de la grîu duce treptat şi la restabilirea însuşirilor de grîu. Dacă în diviziunea reducţională a oosferei cromozomii de grîu s-au separat de cei de pir, restabilirea însuşirilor de grîu are loc după prima reîncrucişare.

Dublarea numărului de cromozomi se poate produce spontan, prin formarea de gameţi nereduşi, sau artificial, prin tratarea seminţelor cu colchicină. Dublarea numărului de cromozomi restabileşte omologia cromozomilor mărind fertilitatea şi asigurînd înmulţirea hibrizilor îndepărtaţi. Formele cu numărul de cromozomi dublaţi se numesc *amfidiploizi.*

Scanned with OKEN Scanner

Au fost obținuți amfidiploizi ca *Triticum aestivum*×*Agropyron intermedium* cu $2n \times 84$ cromozomi; *T. aestivum*×*Secale cereale* ($2n \times 56$). *T. durum*×*T. aestivum* ($2n = 70$), precum și între alte specii. Este foarte mare numărul de amfidiploizi obținuți între grîul comun și diferite specii de pir.

Rezultatele obținute au arătat că amfidiploizii grîu×pir sau între diferite specii de grîu, deși sînt rezistenți la factorii nefavorabili, dau producții mici și de slabă calitate, neputînd fi introduși în cultură. Amfidiploizii se utilizează ca material inițial în încrucișări cu soiurile la care se urmărește ameliorarea unor însușiri, în special a celor de rezistență la factori nefavorabili.

Amfidiploizii grîu×secară ($2n = 56$ cromozomi) s-au dovedit destul de valoroși pentru zonele geroase, pentru terenuri sărăturoase și puțin fertile, avînd și un conținut ridicat de proteine în bob, pînă la 16—20%. Amfidiploizii grîu-secară se numesc *Triticale*. Primul hibrid *Triticale* a fost obținut în 1890 de către W. Rimpau. Tehnica citologică nu a permis stabilirea numărului de cromozomi, dar se crede că a fost un amfidiploid cu 56 de cromozomi.

Sub denumirea de *Triticale* se cunosc și amfidiploizii rezultați din încrucișarea speciilor tetraploide de grîu cu secara. Aceste forme de *Triticale* au 42 de cromozomi. Rezultate bune în obținerea de *Triticale* au fost obținute în Suedia de către genetistul A. Müntzing, în U.R.S.S. de către E. Pisarev și în țara noastră de către Al. Priadcencu și col. etc. Pentru ridicarea capacității de producție a formelor de *Triticale*, A. Müntzing recomandă ca în încrucișare să se introducă linii consangvinizate de secară, care dau o producție mare.

Formele de *Triticale* constituie un material inițial valoros pentru încrucișările cu soiuri de grîu și hibrizi grîu×pir.

Reîncrucișarea hibrizilor îndepărtați cu soiul de grîu care a participat la încrucișare constituie o altă preocupare a amelioratorilor. Se urmărește o eventuală recombinare a genelor de grîu cu cele de pir, ceea ce ar fi posibil în profaza diviziunii reducționale, prin crossing-over. S-a constatat că o astfel de recombinare este greu de realizat.

Folosind metoda reîncrucișării hibridului cu soiul de grîu participant la încrucișarea inițială, amelioratorul sovietic N. V. Țîțîn a obținut mai multe soiuri de grîu ca: P.P.G.-1, P.P.G.-186, P.P.G.-599, care au fost introduse în producție (inițialele P.P.G. înseamnă hibrid grîu×pir). Soiurile au 42 de cromozomi și conțin o serie de gene de la pir, care le conferă rezistență la ger, secetă, boli și dăunători, deosebirile față de soiul inițial pentru celelalte însușiri fiind nesemnificative.

În afara soiurilor tipice de grîu, N. V. Țîțîn a obținut și forme intermediare, dintre care menționăm o formă denumită *Triticum agropyrotriticum perenae*, care poate fi cultivată 2—3 ani consecutiv, fiind rezistentă la boli, ger și cădere, cu o mare capacitate de lăstărire.

Adiția de cromozomi de la o altă specie. În anul 1940, J. G. O'Mara a făcut cunoscută o nouă tehnică prin intermediul căreia unei specii i se poate adăuga una sau mai multe perechi de cromozomi de la altă specie. Perechea de cromozomi adiționați imprimă speciei respective caracterele condiționate de genele localizate în ea. În practică au fost create linii de adiție la grîu cu cromozomi adiționați de la secară și de la pir.

Scanned with OKEN Scanner

Adiția unei perechi de cromozomi de secară la un soi de grîu comun se realizează după cum urmează: se efectuează încrucișarea între grîu și secară, se dublează numărul de cromozomi prin tratarea cu colchicină și se obține o formă de *Triticale* cu $2n=56$ cromozomi care se reîncrucișează cu soiul de grîu. Gameții de *Triticale* conțin 28 de cromozomi, iar cei de grîu 21. Forma reîncrucișată însumează 49 de cromozomi, din care 42 de grîu și 7 de secară. În meioză, cei 49 de cromozomi formează 21 bivalenți (21_{II}) și 7 univalenți (7_I). Univalenții se pierd treptat și în urma cîtorva încrucișări se realizează forme cu 43 de cromozomi. Numărul de cromozomi la reîncrucișările avansate se verifică citologic, luîndu-se probe din radicele și apoi în meioză. Plantele cu $2n=43$ se izolează, pentru evitarea polenizării străine. În urma autofecundării se obțin 25% semințe cu 44 cromozomi, 50% semințe cu 43 cromozomi și 25% semințe cu 42 de cromozomi (fig. 137).

Semințele cu $2n=44$ de cromozomi vor da o linie de adiție care, în afara însușirilor caracteristice soiului de grîu, va exterioriza și însușirile condiționate de genele din perechea de cromozomi adiționați. Se pot obține atîtea linii cîte perechi de cromozomi omologi conține specia donator, la secară 7, la *Agropyrum intermedium* 41 etc.

Liniile de adiție au o mare valoare teoretică, dar practic, deși foarte rezistente la ger, boli și dăunători, ele s-au dovedit mai puțin productive față de soiurile inițiale de grîu. De aceea se folosesc numai ca material inițial.

S-a constatat că la soiurile de grîu capacitatea de producție scade chiar și în cazul prezenței unui singur cromozom adiționat.

Substituția de cromozomi interspecifici sau intergenerici. Genetistul american E. R. Sears a elaborat o tehnică de substituție a unor cromozomi de grîu cu cromozomi de la alt soi sau altă specie. Substituția cromozomilor prezintă un interes deosebit pentru soiurile care conțin perechi de cromozomi cu gene nefavorabile. Tehnica de substituție a cromozomilor de grîu cu cei de secară este următoarea:

— se creează linii monosomice pentru perechea de cromozomi ce urmează a fi substituiți. Liniile monosomice ($2n=41$) se încrucișează cu o linie de adiție ($2n=44$). Din încrucișare rezultă 50% plante cu 42 cromozomi, din care 41 de grîu+1 de la linia de adiție și 50% plante cu 43 cromozomi din care 42 de grîu și 1 de la linia de adiție. Numărul de cromozomi se stabilește prin analize citologice (fig. 138).

— plantele cu 42 de cromozomi, care în esență sînt monosomice, pentru un cromozom de grîu conținînd în completare un cromozom de secară, se încrucișează din nou cu linia de adiție. Rezultă numai plante cu 43 de cromozomi din care: 50% cu 42 cromozomi de grîu+1 cromozom de secară și 50% cu 41 cromozomi de grîu și 2 cromozomi de secară.

— plantele cu 41 de cromozomi de grîu și 2 cromozomi de secară se reține, din autofecundarea lor rezultînd linii de substituție.

Substituirea cromozomilor de grîu cu cei de pir sau de secară nu a dat rezultate practice deosebite. Producția liniilor de substituție este inferioară soiului inițial, ceea ce demonstrează că prezența cromozomilor străini are influență negativă asupra proceselor de metabolism.

Scanned with OKEN Scanner

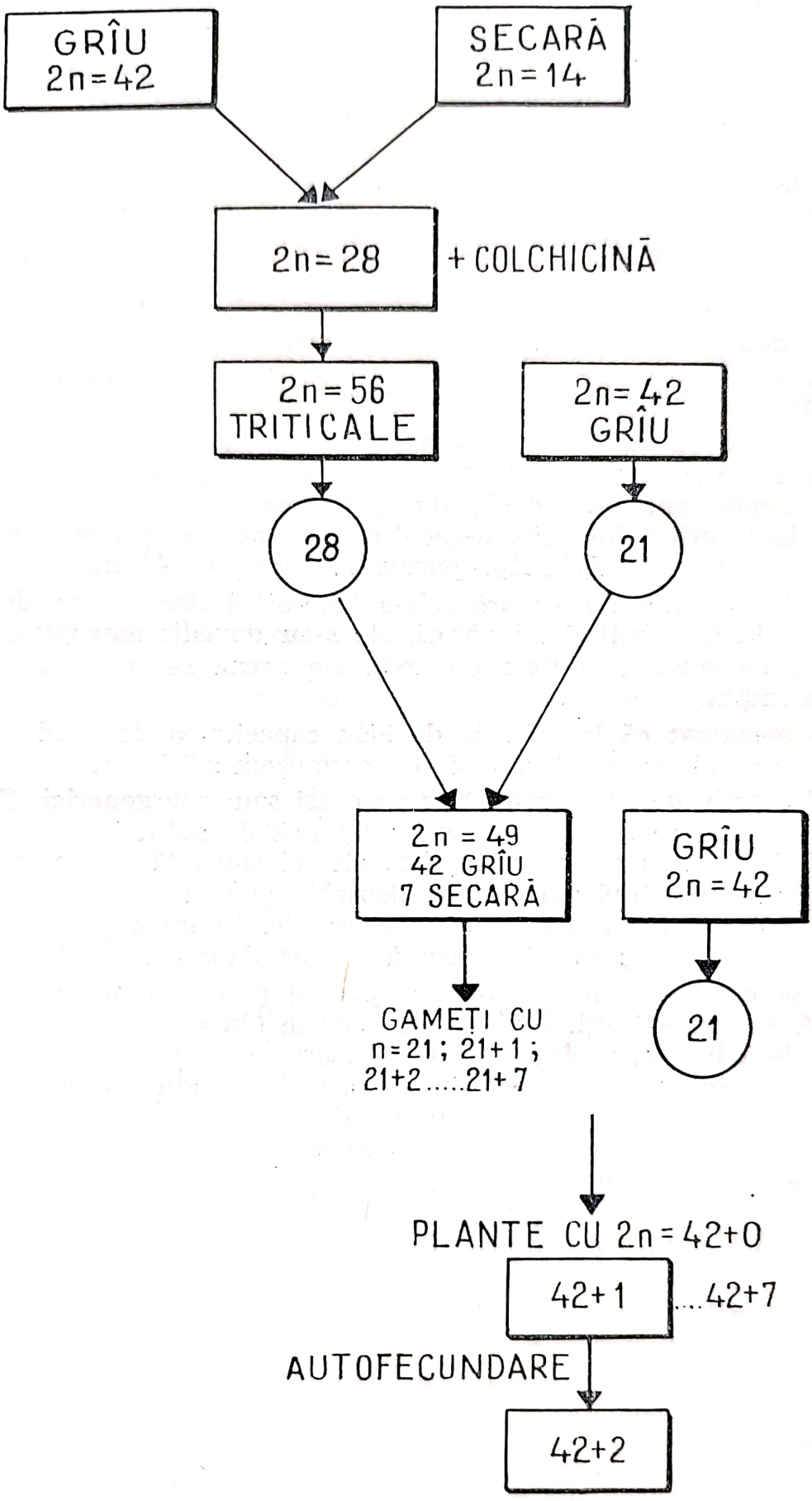


Fig. 137. Tehnica obținerii liniilor de adiție la grîu.

Scanned with OKEN Scanner

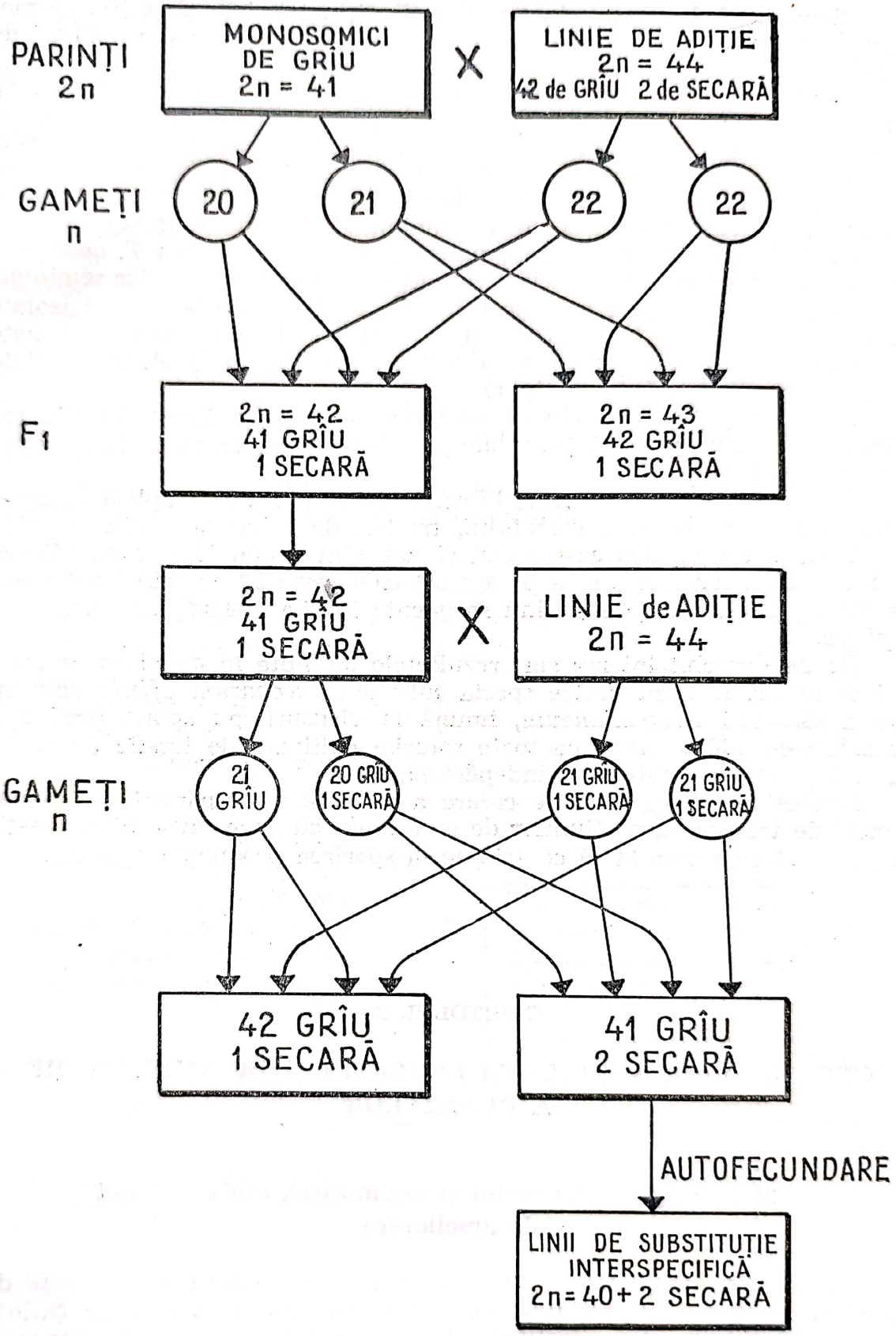


Fig. 138. Tehnica obținerii liniilor de substituție intergenerică la grîu.

Scanned with OKEN Scanner

Transferul de gene prin translocații. Prin tehnicile descrise, cromozomii de substituție sau de adiție imprimă soiului receptor alături de însușirile dorite și o serie de caractere negative.

Pentru evitarea acestui neajuns E. Sears a elaborat o tehnică de translocație a unei mici porțiuni de cromozom, purtătoare de gene exclusiv favorabile. În experiențele lui a realizat translocația unei mici porțiuni de cromozom de la *Aegilops umbellulata* la *Triticum aestivum*, rezultînd soiul *Transfer*, rezistent la rugina brună. Tehnica de lucru a fost următoarea: s-a obținut un amfidiploid *T. dicoccoides* × *Aegilops umbellulata*, care a servit ca formă paternă la încrucișarea cu *T. aestivum*. Hibridul rezultat a fost încrucișat cu polen de la amfidiploid, iar semințele obținute au fost iradiate cu raze Röntgen. În descendență au fost izolate 12 plante rezistente la rugina brună, condiționată de genele localizate pe o porțiune de cromozom ce a fost transferată de la *A. umbellulata* pe un izocromozom de *T. aestivum*.

Folosindu-se aceeași tehnică de lucru s-a creat o formă de grîu rezistentă la rugina galbenă *(Puccinia graminis)*, transferată de la *Agropyrum elongatum* $2n=70$.

În afara cerealelor păioase, hibridarea îndepărtată se aplică în ameliorarea florii-soarelui, a cartofului, trestiei de zahăr și altele.

Hibrizii dintre floarea-soarelui și nap sînt imuni la rugină, făinare și *Sclerotinia*. Au fost create pe această cale peste 50 de soiuri valoroase de cartof, unele dintre ele fiind rezistente la rîia neagră, virusuri, *Phitophora*.

De un deosebit interes sînt rezultatele obținute în ameliorarea trestiei de zahăr. Hibrizii dintre specia cultivată *Saccharum officinarum* cu specia sălbatică *S. spontaneum*, imună la virusuri, au sporit producția de zahăr cu 300%. Aproape toate soiurile cultivate de trestie de zahăr au fost create prin hibridare îndepărtată.

Perfecționarea tehnicii de creare a hibrizilor îndepărtați, în special a celei de transfer a porțiunilor de cromozom cu gene favorabile, constituie o nouă cale menită să contribuie la sporirea producției agricole.

CAPITOLUL 25

ORGANIZAREA ȘI TEHNICA PROCESULUI DE AMELIORARE A PLANTELOR

25.1. Alegerea terenului și organizarea asolamentului de ameliorare

Ameliorarea plantelor în țara noastră se desfășoară în institute de cercetări și stațiuni experimentale, coordonate de Academia de Științe Agricole și Silvice și în institute de învățămînt superior, la catedrele de specialitate.

Scanned with OKEN Scanner

Ameliorarea se face pe specii de plante sau pe grupe de specii cu particularități biologice asemănătoare, într-un asolament de ameliorare de trei ani (doi ani culturi de uniformizare și 1 an experiențe de ameliorare). În cei doi ani de uniformizare a fertilității solului se cultivă plante prășitoare și leguminoase pentru boabe.

Fiecare institut sau stațiune se ocupă de ameliorarea plantelor pentru o zonă oarecare, amplasarea unității de cercetare făcîndu-se, de regulă, în mijlocul zonei respective.

Terenul destinat asolamentului de ameliorare trebuie să fie plan, cu suprafața nivelată, curat de buruieni, agenți patogeni, paraziți animali sau vegetali, cu fertilitate uniformă.

Cîmpurile de ameliorare nu vor fi amplasate în imediata apropiere a pădurilor, lacurilor, depresiunilor etc., distanța minimă admisă față de acestea fiind de 400—500 m. O distanță mai mică duce la modificarea condițiilor de climă prin crearea de microclimate. Pădurile, lacurile și depresiunile constituie, de asemenea, o sursă permanentă de infestare cu agenți de boli și cu dăunători.

Asolamentul se organizează nu departe de arterele principale de circulație, dar în același timp nu se recomandă amplasarea experiențelor în imediata apropiere a acestora, pentru a fi ferite de accesul oamenilor sau animalelor.

La organizarea cîmpurilor de ameliorare se are în vedere, de asemenea, distanța față de sediul institutului sau stațiunii unde se transportă diferite materiale, mostre și probe pentru analize urgente, cum ar fi analizele de umiditate, analize microscopice și altele. Forma cîmpurilor trebuie să fie de poligon regulat, dreptunghiulară sau pătrată (fig. 139).

După ce cîmpul de ameliorare a fost stabilit, se trece la organizarea topografică a asolamentului. Asolamentul este străbătut de unul sau două drumuri principale late de 8 m. Numărul drumurilor principale depinde de mărimea asolamentului. Pe drumurile principale circulația atelajelor trebuie să se facă în voie. Solele sînt despărțite prin drumuri secundare, late de 4 m.

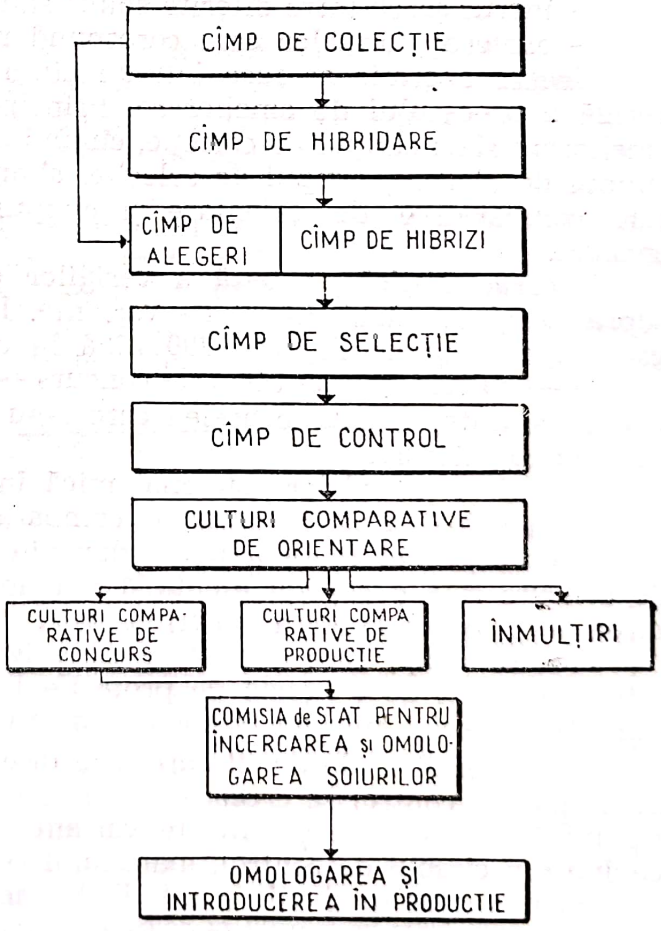


Fig. 139. Verigile cîmpului de ameliorare.

Scanned with OKEN Scanner

Lucrările de ameliorare și în special executarea culturilor comparative, în care se examinează capacitatea de producție a materialului în curs de ameliorare, se pot desfășura în bune condiții numai pe un teren cu un *grad ridicat de uniformitate a fertilității solului.*

Cel mai bun indicator al uniformității fertilității solului este planta. De aceea, înainte de începerea procesului de ameliorare, terenul este studiat din punct de vedere al uniformității fertilității, cultivîndu-se cu o specie care reacționează puternic la neuniformitățile solului. Cele mai bune culturi pentru evidențierea neuniformității fertilității solului sînt: grîul de primăvară, meiul, cînepa și floarea-soarelui. Aceste culturi se numesc *culturi de recunoaștere*. Uniformizarea fertilității solului se execută după reguli speciale cerute și indicate de tehnica experimentală.

25.2. Etapele (verigile) procesului de ameliorare

Procesul de ameliorare începe cu colectarea materialului inițial și se termină cu darea în producție a soiurilor și hibrizilor creați. Pentru a se ajunge la crearea unui soi valoros se execută o serie de operații, și anume:

— studierea materialului inițial în cîmpul de colecție;
— încrucișarea între diferite soiuri sau linii;
— alegerea formelor care corespund mai bine obiectivelor propuse.

Fiecare operație se face într-un cîmp special, fiecare constituind o verigă a procesului de ameliorare. Principalele verigi ale procesului de ameliorare sînt: cîmpul de colecție, cîmpul de hibridare, cîmpul de hibrizi, cîmpul de alegere, cîmpul de selecție, cîmpul de control, cîmpul de culturi comparative de orientare și cîmpul de culturi comparative de concurs.

O caracteristică de bază a verigilor procesului de ameliorare este suprafața și numărul diferit de variante. În cîmpul de colecție numărul variantelor este de la 200—300 pînă la cîteva mii, în timp ce ultima verigă — cultura comparativă de concurs — cuprinde un număr de numai 5—10 variante, și anume acelea care s-au evidențiat de-a lungul procesului de ameliorare.

Suprafața parcelelor este mai mică în primele verigi (5—10 m^2) și ajunge la 100—200 m^2 în culturile comparative de concurs.

Suprafața mai mare a parcelelor din veriga culturilor comparative de concurs este o cerință esențială a tehnicii experimentale, avînd menirea de a reduce eroarea experimentală.

Fiecare cîmp, care constituie o verigă a procesului de ameliorare, este înconjurat de o bandă de protecție lată de 2—4 m, însămînțată cu sămînță din soiul cultivat în zona respectivă.

Rolul verigilor de ameliorare este diferit: în cîmpul de colecție pînă la cîmpul de control se creează material nou, folosindu-se metoda alegerii, hibridării sexuate și diferite variante ale metodelor de selecție. Începînd din cîmpul de control, materialul este supus verificării minuțioase a elementelor de producție și a indicilor de calitate.

Din cîmpul culturilor comparative de concurs, variantele cele mai valoroase sînt transmise Comisiei de stat pentru încercarea și omologa-

Scanned with OKEN Scanner

rea soiurilor, care le experimentează în diferite zone ale țării în vederea omologării și stabilirii zonei de cultură.

Cîmpul de colecție. Este veriga în care se studiază amănunțit materialul inițial în vederea începerii procesului de ameliorare. În cîmpul de colecție se examinează capacitatea de producție, calitatea, rezistența la factorii nefavorabili de climă și sol și alte însușiri valoroase.

Numărul soiurilor, liniilor și hibrizilor din colecție la unele plante de cultură, cum sînt: grîul, porumbul și orzul, este de ordinul miilor. Institutul de cercetări pentru cereale și plante tehnice de la Fundulea dispune de o colecție de 19 000 forme la grîu, 7 000 la orz, 6 500 la porumb, 5 000 la sorg și cîte 500—2 000 de forme pentru fiecare din celelalte specii de cultură.

Parcelele se seamănă într-o singură repetiție, suprafața unei parcele fiind în funcție de cantitatea de sămînță disponibilă, de 5—20 m^2 pentru grîu, orz, ovăz, mazăre etc. și de 10—40 m^2 la plantele prășitoare. După 9 sau 19 variante, la cerealele păioase, se seamănă forma martor, care este soiul sau hibridul cultivat în zonă, iar la plantele prășitoare — după 4 sau 9 variante (fig. 140).

Experimentarea în cîmpul de colecție se face timp de trei ani, după care semințele se păstrează în scopul reîmprospătării colecției din 3 în 3 ani. Rezerva de semințe din colecție este necesară atît pentru procesul de ameliorare, cît și pentru schimburi cu alte instituții de ameliorare.

Dacă în cîmpul de colecție apar forme valoroase, ceea ce se întîmplă frecvent la soiurile aduse din alte țări, se procedează la alegerea plantelor-elită, care se marchează în cîmp cu o etichetă vizibilă.

În cîmpul de colecție, la plantele autogame, se pot face și primele încrucișări între forme valoroase.

Cîmpul de hibridare. Pe baza studiului materialului inițial din cîmpul de colecție se aleg formele care urmează a fi folosite ca genitori la încrucișări în anii următori. În cîmpul de hibridare formele parentale se seamănă la distanțe mai mari, în rînduri sau în benzi de 3—5 rînduri, lungi de 10—20 m, între parcele lăsîndu-se o cărare de 0,5 m la cereale

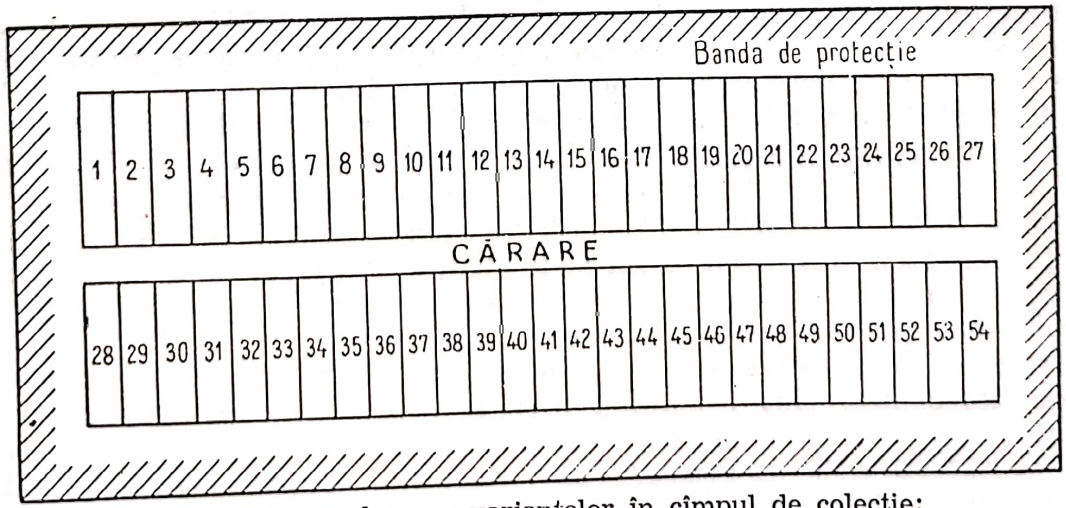


Fig. 140. Amplasarea variantelor în cîmpul de colecție:
1—54 soiurile (variantele) experimentate.

Scanned with OKEN Scanner

și de 1 m la leguminoase, pentru ca lucrările de încrucișare să se execute cît mai comod.

Cîmpul de hibrizi. Se organizează în scopul examinării hibrizilor în comparație cu formele parentale și cu soiul cultivat în zonă, a verificării rezultatelor hibridării și pentru alegerea de plante-elită. Cîmpul de hibrizi cuprinde generațiile F_1—F_3.

Fiecare hibrid se seamănă încadrat de părinții cu care se compară. După fiecare 4 sau 9 combinații hibride se seamănă soiul cultivat în zonă. În prima generație se elimină toate combinațiile cu însușiri inferioare părinților. Începînd din F_2 se execută alegerea formelor valoroase, corespunzătoare obiectivelor stabilite.

La plantele alogame, cîmpul cu hibrizi se seamănă izolat pentru fiecare combinație hibridă, în scopul evitării impurificării prin polenizarea cu polen străin. În acest caz, plantele cu însușiri negative se elimină înainte de înflorit.

La semănat se oprește o rezervă de semințe din fiecare combinație, care să asigure continuarea lucrărilor în caz de calamități.

Cîmpul de alegere. Este destinat alegerii plantelor-elită din soiuri ameliorate, populații, soiuri neameliorate și chiar din forme din flora spontană. În cîmpul de alegere, materialul inițial se seamănă pe suprafețe mult mai mari, în funcție de numărul de plante-elită planificat pentru alegere.

La plantele alogame, cîmpul de alegere este izolat în spațiu și cuprinde un singur soi, descendență hibridă sau populație locală.

La plantele autogame, alegerea se poate face în cîmpul de colecție sau în cîmpul de hibrizi, cîmpul de alegere putînd astfel lipsi ca verigă de sine stătătoare.

Cîmpul de selecție. Este una dintre verigile de cea mai mare importanță. În cîmpul de selecție se seamănă semințele provenite de la plantele-elită, alese în cîmpul de alegere, în cîmpul de hibrizi sau în cîmpul de colecție.

Semănatul se execută în straturi late de 1—2 m într-o singură repetiție. Martorul se încadrează după 4 linii extrase din material hibrid sau după 9 linii extrase din material nehibrid. Astfel, toate numerele multiple lui 5 sau 10 sînt semănate cu soiul martor (fig. 141).

O atenție deosebită se acordă capacității de producție, examinării rezistenței la boli, dăunători și factori nefavorabili.

Cîmpul de control. Variantele evidențiate în cîmpul de selecție se seamănă în cîmpul de control în 1—3 repetiții. Suprafața unei parcele este de 2—10 m^2 sau mai mult, în funcție de cantitatea de sămînță și suprafața terenului. Soiul zonat urmează după 2—4 variante.

Începînd cu cîmpul de control, o atenție deosebită se atribuie uniformității terenului, deoarece neuniformitatea acestuia poate cauza erori în calcularea producțiilor la unitatea de suprafață.

Culturi comparative. Liniile și hibrizii care s-au dovedit superiori în cîmpul de control sînt examinați mai departe în: culturi comparative de orientare, culturi comparative de concurs în institut sau stațiune, culturi comparative de concurs la alte instituții, culturi comparative în unități de producție și culturi comparative în rețeaua Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor (fig. 142, 143).

Scanned with OKEN Scanner

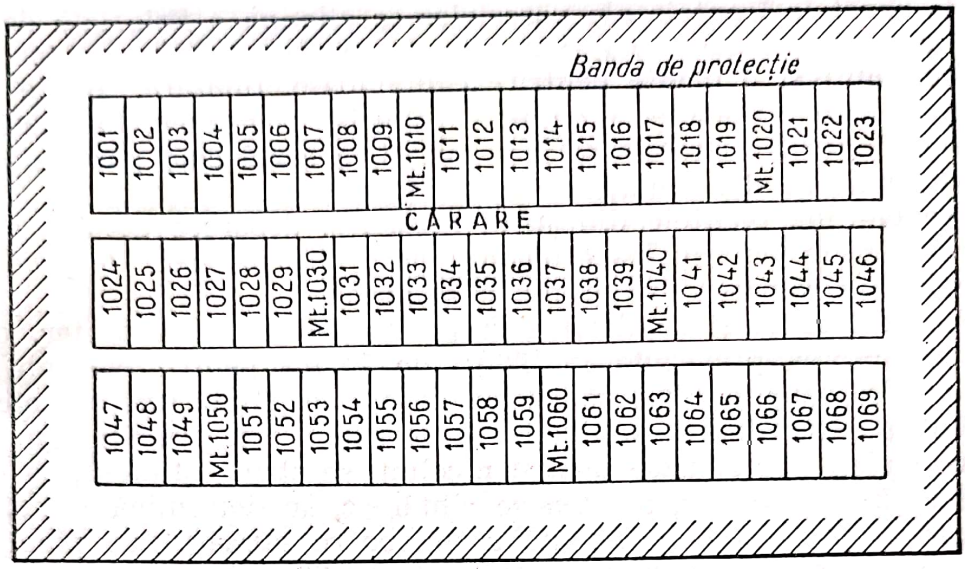


Fig. 141. Amplasarea variantelor în cîmpul de selecție.

Scopul culturilor comparative este de a evidenția cît mai precis cele mai bune variante pentru a fi introduse în producție.

Culturile comparative de orientare. În culturile comparative de orientare se examinează liniile și hibrizii care în cîmpul de control au depășit soiul sau hibridul martor cu 15—18%.

Mărimea parcelelor este de 20—50 m² pentru cerealele păioase și 50—80 m² la porumb și floarea-soarelui. Numărul repetițiilor este de 4, martorul se încadrează după 5—6 sau mai multe variante, în funcție de metoda de așezare. Experimentarea durează 2—3 ani.

Recoltarea culturilor comparative de orientare se face cu multă atenție, respectîndu-se următoarele reguli:

— se recoltează mai întîi banda de protecție;

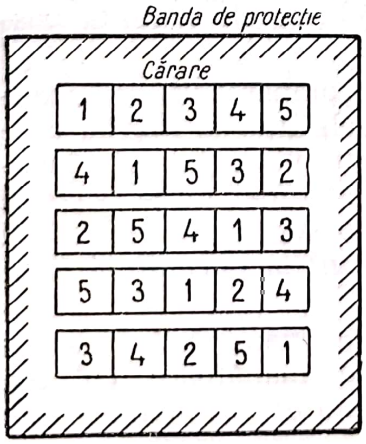


Fig. 142. Amplasarea variantelor în culturi comparative după metoda pătratului latin.

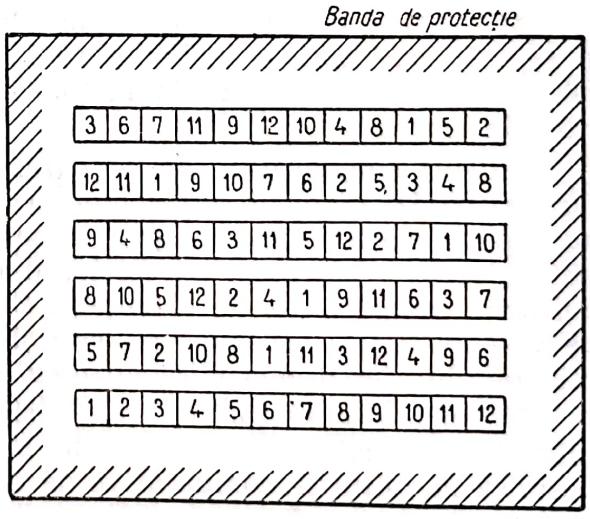


Fig. 143. Amplasarea variantelor în culturi comparative după metoda dreptunghiului latin.

Scanned with OKEN Scanner

— la capetele frontale ale parcelelor se elimină o fîşie lată de 1 m pentru cerealele păioase sau două plante pentru prăşitoare (porumb, floarea-soarelui) şi 5 plante pentru leguminoase (mazăre, fasole etc.);

— la cerealele păioase se elimină rîndurile marginale. La prăşitoare eliminarea rîndurilor laterale se face numai în cazul cînd parcela vecină a fost semănată în alte condiţii de agrotehnică;

— se elimină plantele din jurul golurilor, deoarece acestea au beneficiat de un spaţiu mai mare de nutriţie şi vor da erori de producţie;

— plantele rămase după eliminări se numără;

— se recoltează şi se determină producţia medie la hectar, calculată la umiditatea prevăzută în STAS de 15,5% pentru porumb, 14% pentru cereale păioase, 12% pentru seminţele de plante uleioase etc.

Tehnica determinării producţiei *la porumb* este următoarea: după numărarea plantelor rămase pentru recoltat, se strîng ştiuleţii, se cîntăresc, se curăţă de boabe, acestea se cîntăresc, se determină umiditatea, se determină producţia la ha, avînd în vedere numărul de plante din parcelă. Să presupunem că în parcelă de la 30 de plante semănate la distanţa de 1,0×0,30 m s-au recoltat 5,600 kg boabe cu o umiditate de 18,4%. La distanţele respective densitatea plantelor la ha ar fi de 30 000 plante. Dacă de la 30 de plante producţia a fost de 5,600 kg pentru un ha, în aceleaşi condiţii, corespunde o producţie calculată de 5 600 kg.

Producţia se corectează pentru umiditate, avînd în vedere cerinţele STAS de 15,5%. Calculul se face după formula:

$$\text{Producţia corectată} = \text{producţia obţinută} \times \frac{100 - \text{umiditatea determinată}}{100 - \text{umiditatea standard}}.$$

În exemplul nostru producţia corectată este egală cu $5\,600 \times \frac{100-18,4}{100-15,5} =$

$= 5\,600 \times \frac{81,6}{84,5} = 5\,330$ kg/ha.

Operaţia se face separat pentru fiecare repetiţie, calculîndu-se în final media aritmetică pentru toate repetiţiile.

Sămînţa recoltată din variantele plantelor autogame se amestecă şi se foloseşte pentru însămînţare în anul următor, iar cea de la plantele alogame se dă în consum, însămînţarea făcîndu-se cu sămînţa păstrată în rezervă.

Culturi comparative de concurs. Din cultura comparativă de orientare, după 1—2 ani de experimentare se opresc acele linii şi hibrizi care au depăşit martorul cu un spor de peste 15% şi s-au evidenţiat prin însuşiri valoroase. Mărimea parcelelor experimentale este mai mare decît la culturile comparative de orientare. Se recomandă o suprafaţă recoltabilă de 50—100 m² la cerealele păioase şi de 100—150 m² la porumb şi floarea-soarelui, iar numărul repetiţiilor este de 6.

Tehnica însămînţării şi recoltării, precum şi a examinării materialului în culturile comparative de concurs este asemănătoare cu cea descrisă la culturile comparative de orientare. Durata experimentării este obligatoriu de 3 ani.

Liniile şi hibrizii care se evidenţiază prin însuşiri tehnologice şi fiziologice superioare, depăşind producţia martorului cu peste 10%, se dau pentru experimentare în reţeaua Comisiei de stat pentru încercarea

Scanned with OKEN Scanner

și omologarea soiurilor. În cazul unor variante ce depășesc considerabil martorul, acestea se transmit Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor imediat după încheierea ciclului de experimentare în culturi comparative de orientare. Acestea se experimentează în paralel în culturi comparative de concurs la stațiune și în rețeaua Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor.

Culturi comparative în unități de producție. Pentru a avea mai multă siguranță în rezultatele obținute, în timp ce în institut sau în stațiunea experimentală se face experimentarea în culturi comparative de concurs, materialul se experimentează în paralel și în 2—3 întreprinderi agricole de stat sau cooperative agricole de producție, pe suprafețe mai mari. Experimentarea se face pe bază de contract, sub supravegherea și îndrumarea științifică a personalului de cercetare din instituția unde a fost creat soiul sau hibridul respectiv.

În culturile comparative în producție o variantă ocupă o suprafață de 0,25—1,0 ha, fără repetiții în primul an și în două repetiții în anii 2 și 3 de experimentare.

Rezultatele obținute se confruntă cu cele ale culturilor comparative de concurs. Cînd sporul de producție depășește 10% și în condiții de producție, liniile și hibrizii respectivi se predau spre verificare Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor.

Examinarea materialului în rețeaua Comisiei de stat pentru încercarea și omologarea soiurilor. Această comisie a fost înființată în anul 1953 și dispune de o rețea experimentală cu centre pentru încercarea soiurilor în toate zonele ecologice ale țării. Un centru pentru încercarea soiurilor servește 3—4 județe. Centrele pentru încercarea soiurilor sînt organizate pe lîngă întreprinderile agricole de stat.

În atribuția Comisiei de stat intră experimentarea timp de 3—4 ani a celor mai bune soiuri, linii și hibrizi, atît din țară cît și din străinătate.

Paralel cu încercările în cadrul Comisiei de stat se execută și încercări în producție la 2—3 întreprinderi agricole de stat sau cooperative agricole de producție, pe suprafețe de 2—4 ha pentru fiecare variantă, în două repetiții.

Soiurile care au depășit soiul cultivat în zonă cu cel puțin 8% timp de 3—4 ani de încercare, atît în experiențele centrelor experimentale ale Comisiei cît și în experiențele de producție sînt zonate, adică introduse în producție pentru acea zonă unde se dovedesc mai productive decît soiurile cultivate pînă atunci.

Zonarea este un act care se legiferează prin hotărîrea Consiliului de Miniștri.

Din momentul în care liniile au trecut în rețeaua Comisiei de stat ele primesc denumirea de *soiuri*. Soiurile de cele mai multe ori poartă denumirea instituției unde au fost create, denumirea unui oraș, numele amelioratorului, inițialele amelioratorului, sau o altă denumire reprezentativă.

Denumirea hibrizilor de porumb în țara noastră se compune din inițialele HD — hibrid dublu sau HS — hibrid simplu, care sînt însoțite de un număr, de exemplu 99, 311, 405 etc. Cu cît numărul este mai mare, cu atît perioada de vegetație a hibridului este mai lungă.

Scanned with OKEN Scanner

25.3. Examinarea materialului în curs de ameliorare

Valoarea soiurilor și hibrizilor, pe lîngă capacitatea de producție este determinată de *calitate*, însușire condiționată ereditar. Prin calitatea unui soi sau hibrid se înțeleg însușirile biochimice care îi conferă valoarea de consum.

Calitatea biochimică este un obiectiv specific fiecărei culturi, fiind determinată la unele culturi de conținutul în proteine, iar la altele de amidon sau zahăr, ulei etc.

Toate elementele care definesc calitatea se examinează atît la materialul în curs de ameliorare cît și la materialul inițial. Examinarea calității materialului are o importanță deosebită, deoarece prin aceasta se elimină ceea ce este necorespunzător, permițînd concentrarea atenției spre formele cu însușiri valoroase.

Materialul aflat în curs de ameliorare se examinează cu multă atenție atît în cîmp, în condiții naturale sau artificiale, cît și în instalații create în mod special (de exemplu sere, fitotron etc.).

În condiții naturale de cîmp, materialul se examinează pe agrofondul și condițiile agroclimatice specifice zonei respective. Adesea, pentru examinarea unor însușiri se creează și în cîmp în mod artificial condiții speciale, de exemplu, de secetă, prin împiedicarea pătrunderii precipitațiilor pe o anumită suprafață de teren, aplicarea unor doze mari de îngrășăminte și irigarea pentru a favoriza căderea plantelor, infestarea culturilor cu spori sau insecte pentru aprecierea rezistenței la boli și dăunători etc.

Condițiile artificiale de examinare se creează în case de vegetație, sere, instalații de laborator sau fitotron, unde factorii artificiali pot fi dirijați, ceea ce este mai greu de realizat în cîmp.

Valoarea economică a unui soi sau hibrid este determinată și de însușirile fiziologice și aptitudinile agrofitotehnice. Dintre acestea, o importanță deosebită se acordă examinării rezistenței la secetă, iernare, boli și dăunători, la cădere și scuturare. Pentru examinare se folosesc metode directe, în cîmp sau laborator și metode indirecte, bazate pe corelațiile existente între o serie de indici biochimici, fiziologici sau morfologici.

Aprecierea aptitudinilor agrofitotehnice prin *metode directe* se face prin observații în verigile de ameliorare, iar indirect, prin diferite metode, în funcție de însușirea urmărită și de specie. Rezistența la secetă este direct corelată, de exemplu, cu dezvoltarea în profunzime a sistemului radicular, conținutul în substanță uscată, puterea de absorbție a semințelor în curs de germinație, rezistența plasmei celulelor plantelor și altele. O corelație indirectă s-a stabilit între rezistența la secetă, dimensiunile stomatelor și coeficientul de transpirație.

Rezistența la ger se examinează direct în cîmp sau supunînd plantulele la temperaturi scăzute în instalații frigorifice. Sînt stabilite, de asemenea, și corelații directe între rezistența la ger și forma culcată a tufei, adîncimea nodului de înfrățire, conținutul de apă legată fiziologic în plante, conținutul de zaharuri solubile și altele.

Determinarea calității grîului prin metode directe se face prin coacerea a cîte 2—3 pîini de probă din 100 g făină din fiecare linie. După 24 de ore, de la scoaterea din cuptor, pîinea se analizează după forma

Scanned with OKEN Scanner

și aspectul exterior, volumul calculat la 100 g făină, greutatea, raportul diametrelor pîinii, aspectul și aroma miezului etc.

Calitatea grîului se poate aprecia și prin metode indirecte, cum sînt: capacitatea făinii de a forma gaze în timpul fermentării, capacitatea aluatului de a reține gazele, cantitatea și calitatea glutenului și altele.

Un alt exemplu de metode indirecte pentru aprecierea calității sînt cele care se folosesc la cartof, bazate pe corelațiile care există între greutatea specifică a tuberculilor, conținutul în substanță uscată și conținutul în amidon.

25.4. Producerea de sămînță

După zonarea și introducerea în producție a soiurilor și hibrizilor, în toată perioada cît aceștia se mențin în cultură trebuie asigurată producerea unor cantități suficiente de sămînță, care să posede însușirile biologice și potențialul ridicat de producție.

În țara noastră, sistemul de producere a semințelor este reglementat prin „Legea nr. 13/1971 privind producerea, folosirea și controlul calității semințelor și a materialului săditor pentru producția agricolă vegetală".

Prin producerea de sămînță se urmărește:

a) menținerea la un nivel ridicat a capacității de producție și a tuturor însușirilor valoroase ale soiurilor și hibrizilor;

b) păstrarea sănătății materialului de sămînță;

c) asigurarea la timp a tuturor unităților agricole cu sămînță de calitate superioară din soiurile și hibrizii aflați în cultură.

Experiența și practica agricolă demonstrează că oricît de valoros ar fi un soi sau hibrid, acesta, cu timpul, se impurifică, dacă nu se respectă o tehnologie corespunzătoare în procesul de producere și înmulțire a semințelor. Impurificarea soiurilor și hibrizilor se poate produce prin polenizarea cu polen de la alte soiuri sau prin amestecul mecanic al semințelor în timpul recoltării sau al păstrării. Atacul de boli și dăunători și păstrarea necorespunzătoare a semințelor contribuie, de asemenea, la deprecierea soiurilor.

La plantele alogame, pericolul de impurificare este foarte mare, datorită polenului de la alte soiuri care poate fi adus de vînt sau insecte dintr-un cîmp învecinat, cultivat cu un alt soi sau hibrid inferior.

La hibrizi, prin producerea de sămînță se urmărește realizarea în cel mai înalt grad a efectului heterozis, care condiționează obținerea unor producții mari.

Producerea și înmulțirea semințelor se desfășoară în trei etape în funcție de categoriile biologice care se produc, după cum urmează:

1. Sămînța superelită, elită și formele parentale pentru obținerea hibrizilor se produc în cadrul stațiunilor experimentale și institutelor de cercetări de profil.

2. Sămînța înmulțirea I-a se produce în ferme specializate din unele întreprinderi agricole de stat și cooperative agricole de producție.

Scanned with OKEN Scanner

3. Sămînța înmulțirea a II-a, a III-a și a IV-a se produce de fiecare unitate agricolă de producție pe loturi semincere proprii.

Unitățile producătoare de semințe își planifică suprafețele destinate acestei activități în funcție de suprafețele pe care le ocupă în producție soiul sau hibridul respectiv și de perioada de reînnoire a semințelor în unitățile de producție.

Perioada de reînnoire a semințelor depinde de biologia plantei (autogamă sau alogamă) și de destinația produselor. Astfel, la cereale păioase, leguminoasele pentru boabe, plantele graminee și leguminoasele furajere, reînnoirea se face la 2—3 ani, în funcție de menținerea însușirilor caracteristice ale soiurilor în timp. La porumb și la plantele tehnice reînnoirea se face anual.

Producerea de sămînță la *grîu*, de exemplu, este organizată astfel: institutele de cercetare și stațiunile experimentale produc sămînța din primele categorii biologice pînă la *elită* inclusiv. Sămînța elită este transmisă unităților agricole specializate în producerea seminței. Acestea produc sămînță înmulțirea I-a, care este livrată tuturor unităților agricole în care se cultivă soiul respectiv.

Unitățile agricole de producție înmulțesc sămînța pe care o primesc pe loturile semincere proprii, obținînd înmulțirea a II-a, a III-a etc.

Sămînța hibridă de porumb se produce anual, și se realizează în trei etape: 1. *înmulțirea liniilor consangvinizate;* 2. *obținerea hibrizilor simpli* și 3. *obținerea hibrizilor dubli.*

Liniile consangvinizate se înmulțesc în cadrul institutelor de cercetare și al stațiunilor experimentale. Tot aceste instituții produc și hibrizii simpli părinți ai hibrizilor dubli.

Hibrizii dubli și hibrizii simpli comerciali, care se cultivă ca atare, se obțin în unitățile agricole specializate.

Circulația semințelor de la institutele de cercetare pînă la unitățile agricole de producție este supravegheată și îndrumată de către întreprinderile județene de valorificarea cerealelor.

Producerea seminței de soi sau hibridă se face după reguli precise, menite să păstreze valoarea ridicată a materialului ameliorat. Abaterile care ar putea avea loc în procesul producerii de sămînță pot avea urmări grave pînă la compromiterea recoltei; de aceea, acest proces este controlat de către inspectoratele județene pentru calitatea semințelor.

Semințele produse în diferitele etape ale acestui proces sînt supuse controlului biologic de calitate al semințelor, pe baza căruia se întocmește un certificat de calitate, care însoțește semințele pînă la însămînțare.

Acest control se desfășoară în cîmp, la recoltare și în depozite. Din semințele din depozite se iau probe medii, care se analizează în laboratoarele județene pentru controlul calității semințelor. Semințele pot circula însoțite de buletinul de analiză, elaborat de către laboratoarele autorizate ale inspectoratelor județene pentru calitatea semințelor.

Producerea de sămînță poate fi considerată o continuare a procesului de ameliorare, avînd menirea de a contribui la sporirea producției agricole prin menținerea valorii biologice a soiurilor și hibrizilor.

Scanned with OKEN Scanner

CAPITOLUL 26

BAZELE GENETICE ALE AMELIORĂRII ANIMALELOR

26.1. Principiile ameliorării animalelor

Metodele folosite în ameliorarea animalelor au multe asemănări cu cele din ameliorarea plantelor, deosebirile constînd într-o serie de particularităţi, în mare parte condiţionate de dimorfismul sexual.

Primul care a dovedit că transmiterea caracterelor la animale se face după regulile mendeliene stabilite la plante a fost savantul englez W. Bateson căruia îi revine în mare măsură meritul de a fi contribuit substanţial la dezvoltarea geneticii animale.

Dezvoltarea puternică a cunoştinţelor de genetică desfăşurată în prezent în toată lumea afectează din ce în ce mai mult şi domeniul ameliorării animalelor, atît sub aspect ştiinţific, cît şi al procedeelor tehnologice aplicate în producţie.

Marile creşcătorii de tip industrial nu se pot dezvolta decît pe baza unor cunoştinţe temeinice de genetică aplicate în reproducţia animalelor. Posibilitatea de a interveni eficient în evoluţia raselor de animale domestice este direct dependentă de cunoaşterea modului cum se transmit diferitele caractere de la o generaţie la alta. Un rol deosebit în sporirea producţiei la animale revine heterozisului care, ca şi la plante, a determinat o cotitură de mare importanţă.

Ameliorarea animalelor a rămas un timp în urma ameliorării plantelor datorită unor concepţii greşite. Multe secole s-a crezut că însuşirile se transmit exclusiv de către mascul sau că însuşirile ereditare sînt în legătură cu sîngele, folosindu-se denumiri ca 1/2 sînge, 3/4 sînge, 7/8 sînge etc., prin „pur sînge“ înţelegîndu-se rasele pure, prin 1/2 sînge hibridul din F_1 etc.

Ameliorarea animalelor după principii genetice cuprinde două etape consecutive:

— alegerea exemplarelor destinate reproducerii,

— folosirea animalelor elită în menţinerea rasei pure sau în încrucişări.

Menţinerea raselor în stare pură se realizează prin metodele obişnuite de selecţie în masă sau individuală. Selecţia individuală urmăreşte stabilirea celor mai bune exemplare, pe baza performanţelor individuale şi a valorii ascendenţilor şi descendenţilor.

Selecţia individuală reuşeşte să identifice reproducătorii cu cea mai valoroasă bază ereditară, fiind mult mai eficace decît selecţia în masă.

Selecţia dă rezultate bune numai atunci cînd se cunoaşte originea animalelor ce se împerechează. Reprezentarea grafică a originii unui animal se numeşte *pedigreu* sau *arbore genealogic*.

162

Scanned with OKEN Scanner

26.2. Încrucișările în zootehnie

În linii mari, încrucișările la animale se pot grupa în două categorii: încrucișări menite să creeze rase noi sau să mențină pe cele existente și încrucișări industriale, pentru obținerea de heterozis.

Încrucișările de ameliorare după aspectul fenotipic și al producției se împart în două grupe: *încrucișări omogene* (homogamice), cînd exemplarele încrucișate sînt asemănătoare și *încrucișări heterogene* (heterogamice), cînd se împerechează indivizi diferiți fenotipic.

Dintre încrucișările de ameliorare, cele mai importante sînt: *încrucișarea de absorbție, alternativă, de infuzie* și *interspecifică*.

Prin *încrucișarea de absorbție* se urmărește ca însușirile valoroase ale unei rase locale să fie absorbite de o rasă ameliorată. Pentru aceasta, rasa locală se încrucișează cu rasa ameliorată, obținîndu-se hibridul F_1. Femelele din F_1 se reîncrucișează cu masculi din rasa superioară.

Această metodă a fost și este folosită pe scară largă în multe țări în scopul de a aclimatiza rasele ameliorate la condiții mai puțin favorabile și de a le transmite însușiri valoroase de rezistență și vitalitate de la rasele locale. În țara noastră s-a realizat absorbția rasei de stepă în rasa Siementhal, obținîndu-se rasa Bălțata românească; absorbția raselor de munte în rasa *Schwitz* obținîndu-se rasa Brună de Maramureș.

Aceleași metode se folosesc în ameliorarea raselor de ovine prin absorbirea rasei Țurcană în rasa Țigaie și a rasei Țigaie în rasa Merinos, precum și în absorbirea raselor autohtone de porcine Mangaliță, în rasele Bazna, Alb de Banat și Landrace.

Încrucișarea de infuzie este o metodă de ameliorare prin care se urmărește corectarea unor defecțiuni la o rasă locală, prin folosirea sporadică (o singură dată) la încrucișare a unei rase amelioratoare. Metișii obținuți sînt folosiți pentru reproducere, în cadrul rasei inițiale alegîndu-se indivizii cu însușiri ameliorate. Selecția prin infuzie, la porcine, urmărește îmbunătățirea gradului de valorificare a hranei, calitatea și prolificitatea raselor Marele Alb și Alb de Banat, prin încrucișarea lor cu rasa Landrace.

Încrucișarea alternativă sau de rotație este o metodă care se folosește atît în scopul creării de rase cît și pentru obținerea de metiși cu heterozis pronunțat. Prin încrucișare alternativă se înțelege încrucișarea în care participă 2—4 rase, după următoarea schemă: Se obține metisul între rasele A×B; femelele F_1 se încrucișează cu rasa C; femelele F_1 (A×B)×C se încrucișează cu rasa A; femelele F_1 (ABC)×A se încrucișează cu rasa B, iar ultima generație metisă de femele se încrucișează cu rasa C. De fiecare dată se aleg femelele la care heterozisul se exteriorizează mai puternic.

Încrucișarea interspecifică. Încrucișarea îndepărtată la animale este cunoscută din cele mai vechi timpuri, deși realizarea încrucișării este mult mai dificilă decît la plante. Mulți dintre hibrizii îndepărtați prezintă importanță economică, uneori fiind folosiți în ameliorarea unor însușiri la rasele animalelor domestice.

Din încrucișarea unei femele din specia *Equus caballus* cu un mascul din *E. asinus* rezultă catîrul (*E. mullus*), mult mai apreciat pentru

Scanned with OKEN Scanner

rezistența și capacitatea de aclimatizare. Din încrucișarea inversă rezultă bardoul (*E. hinuus*) care se deosebește mult de catîr.

Sînt cunoscute numeroase alte realizări ale hibridării îndepărtate dintre care menționăm: hibridul dintre *cal și zebră* rezistent condițiilor din sudul Africii; între *taurine și bizon (Bos bison)* se obțin hibrizi masculi sterili și femele fertile care, încrucișate cu *B. taurus* dau hibrizi cunoscuți sub denumirea de *cataloos*, cu creștere rapidă și mare rezistență.

Hibrizii dintre vacă (*B. taurus*) și zimbru (*B. bonassus*) cresc repede și dau un heterozis accentuat, folosindu-se pentru carne și piele. Între vacă și iac se obțin hibrizi pentru zonele muntoase ale Asiei Centrale.

Hibridarea îndepărtată a fost extinsă și la cămilă, la păsări, precum și între specii de pești de cultură, la hibrizii obținuți constatîndu-se un fenomen heterozis foarte pronunțat.

Hibrizii interspecifici se introduc și în procesul de ameliorare în scopul creării de rase noi. O mare importanță în acest sens prezintă hibridul dintre calul domestic *E. caballus* și calul sălbatic *E. Prjwalski*, care este fecund pentru ambele sexe. Hibrizii *E. caballus* × *E. Prjwalski* au participat și participă în crearea unor rase de cai. La fel, M. F. Ivanov a reușit să creeze rasa de oi Merinos de munte, cu lînă fină și rezistentă la condițiile aspre montane, prin încrucișarea între femele din rasa Merinos Rambouillet (*Ovis aries*) cu berbeci de muflon (*Ovis mussimon*), o specie de oi sălbatice cu lînă aspră, dar rezistente la condițiile aspre în care trăiesc în zonele muntoase din zona Mării Mediterane. Hibrizii obținuți au fost încrucișați cu oaia domestică, iar din metișii, prin selecție, a fost creată rasa Merinos de munte.

În multe lucrări de ameliorare se folosesc și hibrizii dintre porcul mistreț european (*Sus scrofa ferrus*) și porcul domestic (*S. scrofa domesticus*), precum și cei dintre porcii sălbatici asiatici (*S. scrofa vitattus și S. scrofa cristatus)* și porcul domestic. Hibrizii obținuți nu prezintă valoare economică, dar fiind fecunzi pot fi folosiți în programul de încrucișare.

Încrucișări industriale. Efectul heterozisului este folosit pe scară tot mai largă pentru sporirea producției animaliere. În primele etape heterozisul s-a folosit prin *încrucișarea industrială dintre două rase diferite* ai căror descendenți sînt mai viguroși, mai productivi, mai rezistenți și mai precoce, avînd o mare valoare economică. Rezultate foarte bune s-au obținut încrucișînd scroafele din rasa Marele Alb cu masculi din rasa Landrace. Hibrizii se folosesc pentru producția de carne.

În zootehnie, ca și în agrofitotehnie, s-a observat că heterozisul cel mai pronunțat se obține la *hibrizii dintre linii consangvinizate*. Heterozisul a devenit în ultimul deceniu o metodă curentă pentru obținerea de animale mai productive.

Prin consangvinizare la animale se înțelege împerecherea între indivizi înrudiți, ca, de exemplu, frate × soră, tată × fiică, mamă × fiu etc.; produșii obținuți se numesc *linii consangvinizate*.

Obținerea liniilor consangvinizate la animale prezintă o serie de dificultăți legate de faptul că unele gene recesive în stare homozigotă diminuează puternic vitalitatea, prolificitatea, ducînd chiar la pierderi și monstruozități. De aceea, pentru evitarea efectului negativ al con-

Scanned with OKEN Scanner

rezistența și capacitatea de aclimatizare. Din încrucișarea inversă rezultă bardoul (*E. hinuus*) care se deosebește mult de catîr.

Sînt cunoscute numeroase alte realizări ale hibridării îndepărtate dintre care menționăm: hibridul dintre *cal și zebră* rezistent condițiilor din sudul Africii; între *taurine și bizon (Bos bison)* se obțin hibrizi masculi sterili și femele fertile care, încrucișate cu *B. taurus* dau hibrizi cunoscuți sub denumirea de *cataloos*, cu creștere rapidă și mare rezistență.

Hibrizii dintre vacă (*B. taurus*) și zimbru (*B. bonassus*) cresc repede și dau un heterozis accentuat, folosindu-se pentru carne și piele. Între vacă și iac se obțin hibrizi pentru zonele muntoase ale Asiei Centrale.

Hibridarea îndepărtată a fost extinsă și la cămilă, la păsări, precum și între specii de pești de cultură, la hibrizii obținuți constatîndu-se un fenomen heterozis foarte pronunțat.

Hibrizii interspecifici se introduc și în procesul de ameliorare în scopul creării de rase noi. O mare importanță în acest sens prezintă hibridul dintre calul domestic *E. caballus* și calul sălbatic *E. Prjwalski*, care este fecund pentru ambele sexe. Hibrizii *E. caballus* × *E. Prjwalski* au participat și participă în crearea unor rase de cai. La fel, M. F. Ivanov a reușit să creeze rasa de oi Merinos de munte, cu lînă fină și rezistentă la condițiile aspre montane, prin încrucișarea între femele din rasa Merinos Rambouillet (*Ovis aries*) cu berbeci de muflon (*Ovis mussimon*), o specie de oi sălbatice cu lînă aspră, dar rezistente la condițiile aspre în care trăiesc în zonele muntoase din zona Mării Mediterane. Hibrizii obținuți au fost încrucișați cu oaia domestică, iar din metișii, prin selecție, a fost creată rasa Merinos de munte.

În multe lucrări de ameliorare se folosesc și hibrizii dintre porcul mistreț european (*Sus scrofa ferrus*) și porcul domestic (*S. scrofa domesticus*), precum și cei dintre porcii sălbatici asiatici (*S. scrofa vitattus și S. scrofa cristatus*) și porcul domestic. Hibrizii obținuți nu prezintă valoare economică, dar fiind fecunzi pot fi folosiți în programul de încrucișare.

Încrucișări industriale. Efectul heterozisului este folosit pe scară tot mai largă pentru sporirea producției animaliere. În primele etape heterozisul s-a folosit prin *încrucișarea industrială dintre două rase diferite* ai căror descendenți sînt mai viguroși, mai productivi, mai rezistenți și mai precoce, avînd o mare valoare economică. Rezultate foarte bune s-au obținut încrucișînd scroafele din rasa Marele Alb cu masculi din rasa Landrace. Hibrizii se folosesc pentru producția de carne.

În zootehnie, ca și în agrofitotehnie, s-a observat că heterozisul cel mai pronunțat se obține la *hibrizii dintre linii consangvinizate*. Heterozisul a devenit în ultimul deceniu o metodă curentă pentru obținerea de animale mai productive.

Prin consangvinizare la animale se înțelege împerecherea între indivizi înrudiți, ca, de exemplu, frate × soră, tată × fiică, mamă × fiu etc.; produșii obținuți se numesc *linii consangvinizate*.

Obținerea liniilor consangvinizate la animale prezintă o serie de dificultăți legate de faptul că unele gene recesive în stare homozigotă diminuează puternic vitalitatea, prolificitatea, ducînd chiar la pierderi și monstruozități. De aceea, pentru evitarea efectului negativ al con-

Scanned with OKEN Scanner

sangvinizării liniile se consideră realizate după 3—6 generații de consangvinizare succesivă. O astfel de homozigoție se numește moderată.

Heterozisul hibrizilor interliniari se aplică la toate speciile de animale domestice, dar în special la găini și porci.

Hibrizii interliniari la porcine asigură prin heterozis creșterea numărului de purcei la fătare cu peste 20%, cu 6—40% la înțărcare, iar sporul mediu zilnic în greutate este cu 10—30% mai mare decît la formele parentale care aparțin diferitelor rase. Rezultatele cele mai bune în manifestarea heterozisului se obțin din încrucișarea liniilor din rase diferite.

Ameliorarea porcilor prin heterozis, în afara productivității, trebuie să rezolve și o serie de probleme puse de cerințele consumatorilor. Ameliorarea liniilor este dirijată ținîndu-se seama de gustul și nevoile consumatorilor, legat de reducerea consumului de grăsime. Se solicită astfel, o carne slabă, maturată (cu un conținut ridicat de substanță uscată), cu grăsime de bună calitate, consistentă și densă.

Cerințele consumatorilor vor putea fi rezolvate în viitor pe două căi: *1*) ameliorarea porcilor în direcția strict cerută și asigurarea unor condiții speciale de alimentație, cum se face în unele țări; *2*) prin ameliorare și condiții de alimentare mai puțin riguroase, mai economice și prin tehnologii de prelucrare și livrare a cărnii care să-i compenseze unele din lipsuri.

La găini se creează liniile consangvinizate, se aplică selecția după valoarea produșilor din cadrul liniilor, apoi se stabilesc combinațiile hibride simple cele mai valoroase, care se folosesc la obținerea de hibrizi dubli. Stabilirea capacității de combinare a liniilor se face după o tehnică asemănătoare cu cea descrisă la hibrizii dubli de porumb.

Selecția liniilor și aprecierea capacității combinative, precum și a valorii hibrizilor dubli se face după forma corectă a ouălelor, vîscozitatea albușului, mărimea ouălor, intensitatea ouatului, lipsa instinctului de clocit și greutatea corpului.

Pentru producția de carne se încrucișează linii sau chiar rase, cu un grad mai redus de consangvinizare. Rezultate bune se obțin din încrucișarea rasei Plymouth Rock alb, ca mamă, cu rasa Cornish, ca tată.

În numeroase țări, precum și în țara noastră, producția de carne de pasăre și ouă are în mod preponderent un caracter industrial. Întreprinderile se află sub controlul genetic al specialiștilor cu înaltă calificare, asigurîndu-se o reproducție controlată și dirijată genetic.

Pentru a ilustra rezultatele obținute în crescătoriile de pui broyler (de carne) este îndeajuns să menționăm că în 8 săptămîni un pui realizează un spor în greutate de 1,4 kg, cu un consum de 2 kg nutrețuri combinate pentru 1 kg de carne, ceea ce constituie o realizare deosebită pentru producția de carne de pasăre.

Experiențele din ultimii ani demonstrează că ameliorarea prin heterozis va putea fi extinsă cu bune perspective la taurine, ovine, și la viermii de mătase. Heterozisului, ca o realizare a geneticii, îi revine marele rol de a contribui și pe viitor la sporirea producției vegetale și animale în scopul asigurării cerințe lor mereu crescînde ale omenirii față de produsele agroalimentare.

Scanned with OKEN Scanner

BIBLIOGRAFIE

Amosov, N. M. *Modelirovanie mîşleniia i psihiki.* Kiev, 1965.

Avery, O. T., McLeod, C. M., McCarty, M. *Studies on the chemical nature of the substance inducing transformation of pneumococcal types.* În: „Journ. Exp. Med.", v. 79, nr. 137, 1944.

Bănărescu, P., Boşcaiu, N. *Biogeografie,* Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1973.

Bertalanffi, L. V. *Problems of Life.* New York, Ed. Harper, 1960.

Botnariuc, N. *Din istoria biologiei generale.* Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1961.

Botnariuc, N. *Principii de biologie generală.* Bucureşti, Editura Academiei, 1967.

Botnariuc, N. *Biologie generală.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1974.

Buican, D., Stugren, B. *Biologie generală, genetică şi ameliorare.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1969.

Bungenberg de Jong, H. *La coacervation, les coacervats et leur importance en biology.* Paris, 1936.

Burloi, Gh. *Studiul genetic al elementelor de productivitate şi manifestarea fenomenului heterozis la hibrizii de grîu de toamnă.* Teză de doctorat, Bucureşti, 1972.

Ceapoiu, N. *Citogenetica aplicată în ameliorarea grîului.* Bucureşti, Editura Academiei, 1972.

Cotăescu, I. *Materia vie.* Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1969.

Crăciun, T., Mureşan, T. *Metode de ameliorare şi producere a seminţelor.* Bucureşti, Editura agro-silvică, 1966.

Crăciun, T., Burloi, Gh., Pîrvu, T. *Cercetări cu privire la fenomenul heterozis şi obţinerea hibrizilor de porumb cu mare capacitate de producţie.* În: „Lucrările ştiinţifice ale Institutului agronomic Nicolae Bălcescu", seria A, Bucureşti, 1967.

Crăciun, T. *Genetica.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1970.

Crick, F. H. C. *The genetic code.* În: „Scientific American", V. 207 (4): 66, 1962.

Darwin, Ch. *Originea speciilor prin selecţie naturală.* Bucureşti, Editura Academiei, 1957.

Davitaşvili, L. S. *Cauzele dispariţiei speciilor.* Bucureşti, Editura ştiinţifică (traducere din lb. rusă), 1974.

Diaconu, P. *Unele aspecte ale biologiei înfloritului la formele paterne şi hibrizii dubli de porumb raionaţi în sud—estul ţării.* În: „Analele Institutului de cercetări pentru cereale şi plante tehnice, Fundulea", V. 31, seria C, Bucureşti, 1963.

Diaconu, P. *Studii citologice asupra androsterilităţii citoplasmatice la porumb.* În: „Analele Institutului de cercetări pentru cereale şi plante tehnice Fundulea", V. 33, seria C, Bucureşti, 1965.

Diaconu, P. *Inducerea poliploidiei la porumb.* În: „Analele Institutului de cercetări pentru cereale şi plante tehnice Fundulea", V. 35, seria C, Bucureşti, 1967.

Diaconu, P. *Mutante de porumb obţinute prin iradiere cu neutroni termici.* În: „Analele Institutului de cercetări pentru cereale şi plante tehnice Fundulea", V. 36, seria C, Bucureşti, 1970.

Diaconu, P. *Radiosensibilitatea unor soiuri şi linii de porumb.* În: „Analele Institutului de cercetări pentru cereale şi plante tehnice Fundulea", V. 36, seria C, Bucureşti, 1970.

Diaconu, P. *Ereditatea şi factorii mutageni.* Bucureşti, Editura Ceres, 1971.

Diaconu, P. *Haploidia la plantele superioare.* În: „Natura", nr. 4, Bucureşti, 1971.

Diaconu, P. *De la factorii ereditari la codul genetic.* Bucureşti, Editura Ceres, 1974.

Drăcea, Iulian. *Genetica.* Bucureşti, Editura didactică şi pedagogică, 1972.

Drăghici, I. *Esenţa vieţii.* Bucureşti, Editura ştiinţifică, 1972.

Durand, M., Favard, P. *La cellule.* Paris, 1967.

Eckhardt, R. C. *A technic to simultaneously incorporate male sterile cytoplasm and restorer factor(s) into inbred lines of maize.* Presented at Fiftieth Ann. Conv. of Ass. of Soc. Agr. Workers, Feb. 9 (Abstr.), 1953.

Scanned with OKEN Scanner

Tiraj: 3 550. S.P.: 80. Legat: 1/1 ceruplast. Coli de tipar: 21,75. Hîrtia: Scris I. A. 70×100/70 gr. Format: 16/70×100. Bun de tipar: 10. XI. 1975. Nr. Plan. 5 403. Ediția: 1975.

Tiparul executat sub comanda nr. 393 la Întreprinderea poligrafică „Crișana", Oradea str. Moscovei nr. 5.
Republica Socialistă România

EDITURA DIDACTICĂ ȘI PEDAGOGICĂ
BUCUREȘTI - 1975

Scanned with OKEN Scanner